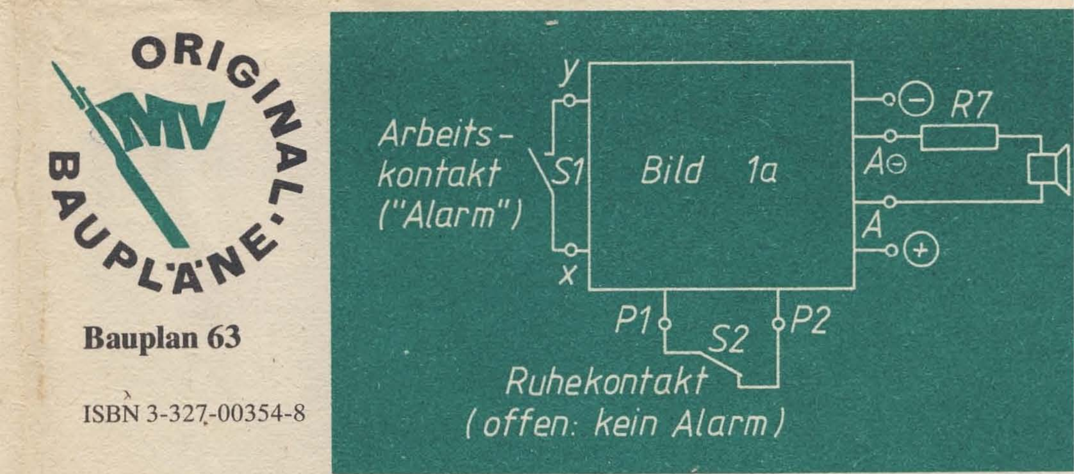



Bauplan 63

ISBN 3-327-00354-8

Klaus Schlenzig

# Signalelektronik

$+U_S$ (bei CMOS) (C) (R) R3 $+U_S$ ($U_{DD}$)

V1 * C1 (TTL: 1k)

($R_S$) (TTL:390) R2 (TTL: 1k, CMOS: 100k) R4

R1 ≈470 D1 & & & & A

St f Sp Trennstufe

R5 $R_{var}$

Stummschaltung (Ausgang auf L) Sperren (Ausgang → H)

f' V2 (SAY 20 o.ä.)

)* für TTL sinnvoll

Schlenzig, Klaus:
Signalelektronik. – Berlin: Militärverlag der DDR, 1987. – 32 Seiten: 31 Bilder – (Bauplan 63)

ISBN 3-327-00354-8

1. Auflage · © Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik (VEB) · Berlin, 1987 · Lizenz-Nr. 5 · Printed in the German Democratic Republic · Gesamtherstellung: Grafischer Großbetrieb Sachsendruck Plauen · Lektor: Sabine Schmidt · Typografie: Helmut Herrmann · Redaktionsschluß: 20. April 1986 · LSV 3539 · Bestellnummer: 746 930 8 · 00100

## Inhalt



## 1. Einleitung

An den Schnittstellen zwischen Mensch und Technik spielen Signale in Licht und Schall eine wichtige Rolle. Aufgabenstellung und Schaltungstechnik bestimmen, auf welche Art die zu ihrer Erzeugung nötigen Schaltungen realisiert werden. Vom »klassischen« Transistormultivibrator (vorteilhaft ruhestromarm ausgelegt) bis zum ohnehin energiegenügsamen CMOS-Taktgeber mit Piezoschwinger reicht heute die Skale der Möglichkeiten. Jede von ihnen hat in einem bestimmten Gesamtrahmen Sinn, viele sind auch bereits als eigenständige kleine »Melder« zu nutzen: für eine versehentlich offengelassene Tür, für Feuchte an unerwünschter Stelle, für die Nähe einer Gefahr.

Aber auch zur Unterstützung schon existenter Signalgeber sind Zusätze bisweilen nötig: wenn zwischen Signalquelle und Aufenthaltsort Wände schirmen oder wenn Lärm den Rufton überdeckt. (Ein Beispiel dieser Art gab bereits Bauplan 60 mit einer Lichtklingel für Hörbehinderte.)

Insgesamt handelt es sich um Bausteine, die im persönlichen Bereich wie am Arbeitsplatz, in Schule oder Dienststelle nützliche kleine Hilfsmittel mit vielfältigen Einsatzmöglichkeiten darstellen.

Für diese Bausteine, die in gleicher oder ähnlicher Form auch im neuen Wohnbereichsbuch benutzt werden, sind eine Reihe von Leiterplatten entstanden. Ihr Nachbau wird nun in gewohnter Bauplanart durch ein ätzfestes *typofix*-Blatt erleichtert werden. Es enthält alle 8 Leiterbilder. Die Zuordnung von Stücklisten mit den wichtigsten Angaben zu den Bauelementen (erstmals in Bauplan 60 praktiziert) kommt Materialsichtung und Einkauf entgegen.

## 2. Signale in Licht und Schall

Signale erregen Aufmerksamkeit, ob als Licht oder als Schall. Unterschiedliche Geräte senden sie aus: der Wecker am Morgen oder der Kühlschrank, wenn ein Defekt vorliegt.

Akustische Signale geben eine »Rundum-Information«. Man kann ihnen kaum ausweichen; selbst in den Schlaf dringen sie ein (und sollen das ja auch). Bei Gehörgeschädigten muß allerdings das Auge



entsprechend mehr leisten. Lichtwecker und Lichtklingeln sind daher für diese benachteiligten Mitmenschen eine große Hilfe – siehe z. B. Bauplan 60.

In den meisten Fällen werden aber optische Informationen mehr zur Unterstützung akustischer herangezogen. Sie reichen aus oder sind mitunter auch für sich allein dann sinnvoller, wenn für die in Frage kommende Zeit eine »feste« optische Kopplung zwischen Mensch und Gerät besteht. Oder man rückt den optischen Signalgeber ins Blickfeld, beispielsweise beim Fernsehen. Auch als »Speicherinformationen« eignen sich optische Signale gut. Das ist der Fall, wenn auf das gemeldete Ereignis nicht sofort reagiert werden muß. Die Überwachung des Wasserspiegels von Hydrotöpfen ist ein Beispiel dafür. Weit schneller muß man die Füllstandsmeldung aus der Badewanne beachten. In diesem Fall ist sogar noch ein Vorwarnsignal angebracht. Und man sollte es unter keinen Umständen überhören können! Dieses Beispiel läßt sich bereits zu jenen Ereignissen rechnen, bei denen »Redundanz« in der Überwachung geboten ist. Das heißt, bei Ausfall eines Wächters sollte sofort ein anderer automatisch einspringen. Was bei der Badewanne aber noch ein gutes Gedächtnis zu retten vermag, kann bei zufälligen Katastrophen verhängnisvoll werden.

Wie auch immer – die Wirkung solcher Signale besteht letztlich stets in der Information des Menschen. Das Erzeugen solcher Töne oder Takte für blinkende Lichtsignale läßt sich auf wenige Grundschaltungen zurückführen. Die unterschiedlichen Anwendungen und die dadurch bedingten Schaltungen für das Umsetzen und Auswerten der Ereignisse legen dennoch »Maßschneidern« auf den jeweiligen Fall nahe. Vielfach nutzt man auch die gleiche Grundschaltung lediglich in anderer, der Aufgabe angepaßter Hülle.

## 3. Aufnehmer und Wandler

Fast alles, was in der materiellen Welt passiert, läßt sich in elektronische Signale umformen. Dazu gibt es »Sensoren«. Das elektronische Signal wiederum kann beliebig weitergeleitet und »irgendwo« hörbar oder sichtbar gemacht werden. Meist wird dabei nicht jeder Zustand interessieren. Schwellwertschalter sind ein gutes Mittel, um das zu filtern. Einige für Aufnahme und Wandlung »nichtelektrischer« Informationen geeignete Bauelemente werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

### 3.1. Erwünschte Kontakte

Der elektrische Kontakt ist der einfachste Wandler von mechanischer Wirkung in elektrische. Ohne weitere Zwischenglieder vermag er bereits den Ausgabekreis für das Signal zu schließen und zu öffnen. Ein alltägliches Beispiel ist der Klingelstromkreis. Dafür eignen sich alle Arten von Tastern.

Höhere Anforderungen werden an Kontakte gestellt, wenn erst durch weitere Vorgänge, die dem Schließen oder Öffnen folgen, das Signal ausgelöst wird. Dem Taster muß dann eine spezielle Eingangsschaltung folgen. Sie bewirkt, daß die bei mechanischen Schaltgliedern kaum zu unterdrückenden Prellungen die Schaltungsfunktionen nicht stören. (Prellen ist ein von Federwirkungen bedingtes, meist mehrmaliges Schließen und Öffnen des von außen gesehen bereits geschlossenen Kontakts.) Schutzgaskontakte sind eine »höhere« Form mechanischer Kontakte. In sogenannten Reed-Relais wird dagegen meist nur ein Kontakt durch das Magnetfeld einer Wicklung auf dem Glasrohr oder auch durch einen in die Nähe gebrachten Permanentmagneten geschlossen. Die letztgenannte Art ist eine mögliche »Schwellwerteingabe«. Dabei wird eine sich »analog« ändernde Entfernung zweier Gegenstände »digitalisiert« ausgewertet, wenn ein kritischer Wert erreicht ist.

Kontakte unterliegen elektrischem und mechanischem Verschleiß und sind auch unterschiedlich klimatisch empfindlich. Daher ist Eigenbau nur in wenigen Fällen zu empfehlen. Kontakte im weiteren Sinne sind auch in leitende Flüssigkeiten getauchte Elektroden oder leitender Gummi, mit dem man gern Tastenfunktionen realisiert. Schließlich gehören auch Berührungsflächen zu den Kontakten. Der Begriff »Sensoren« für solche Eingabestellen ist stets in Verbindung mit einer mehr oder minder aufwendigen elektronischen Schaltung zu sehen. Abhängig von der Betriebsart und den dabei gegebenen Spannungen können Aufwand und elektrische Schutzmaßnahmen unterschiedliches Ausmaß annehmen.

Im heute wohl geläufigsten Fall der Berührungstasten, z. B. von Fernseh- und Rundfunkempfängern, werden meist Stromkreise geschlossen, deren Innenwiderstand viele Male höher als der Hautwiderstand des schaltenden Fingers ist. Typische Werte sind 22 MΩ als Vorwiderstand und die Größenordnung von einigen zehn bis einigen hundert Kiloohm für den Hautwiderstand. Die extrem hochohmigen Eingänge von CMOS-Schaltungen eignen sich ausgezeichnet für solche Aufgaben. Diese Empfindlichkeit hat auch eine negative Seite, doch die Vorteile überwiegen das bei weitem. Bei solchen »Kontakten« muß verhindert werden, daß Feuchte und Schmutz zu Widerstandswerten führen, die Fehlauslösungen verursachen. Die Grenzbedingung dafür ergibt sich aus den Daten der Schaltung. Günstig ist für den Amateur eine Eingangscharakteristik, die erst unterhalb von etwa 0,5 MΩ auslöst. (Besser einmal den Finger anfeuchten müssen als ständigen Fehlauslösungen schon bei feuchter Luft ausgesetzt sein!) Das erleichtert die Konstruktion solcher Tasten wesentlich. Sie können dann meist auf normalem kupferkaschiertem Hartpapier realisiert werden, lassen sich also leicht ätzen. Wenn möglich, sollte ein Trennspalt eingefügt werden, der Schmutzbrücken verhindert.

## 3.2. Schall als Schalter

Geräusche sind ein ebenso interessantes wie problematisches Mittel der Signalauslösung: interessant, weil (wie auch das Licht) über kurze Entfernungen ohne direkten Kontakt mit dem Aufnehmer wirksam, problematisch, weil die »normale« Umgebung von Geräuschen erfüllt ist, zumindest in städtischen Wohngebieten mit stärkerem Straßenverkehr. Eine eindeutige Auslösung eines Signals, gezielt auf das Ergebnis hin, das allein signalisiert werden soll, setzt Maßnahmen hinsichtlich Amplitude oder Frequenz voraus. Das heißt: Entweder muß das auslösende Signal deutlich lauter sein als die Grundgeräusche (z. B. im Falle eines »Klatsch«-Schalters gegeben), oder es muß frequenzselektiv ausgewertet werden können. Zusätzlich ist noch eine (u. U. aufwendige) Pulsmodulation erforderlich, um gegen Störungen unempfindlich zu werden. Solche Verfahren ähneln den Aufgabenstellungen der Modellfernsteuertechnik. Als anderer Extremfall zum hohen Geräuschpegel ist die Auswertung von »Stille« zu sehen. So läßt sich z. B. an einem entfernten Ort der Ausfall eines Motors bzw. das Ende eines mit hohem Geräuschpegel verbundenen Vorgangs berührungslos überwachen.

Die üblichen Wandler von Schall in elektrische Amplitudenänderungen reichen vom betagten Kohlemikrofon über das dynamische Mikrofon und den als Mikrofon benutzten Kleinlautsprecher bis zum modernen Elektretmikrofon. (Elektrete sind elektrostatisch stabil aufgeladene Isolierfolien.) Solchen Typen ist oft bereits ein Vorverstärker zugeordnet, so daß man z. B. 1,5 V Versorgungsspannung braucht.

Weitere Möglichkeiten für die Schallwandlung bestehen in Hörkapseln von Kopfhörern, Ohrhörern und alten Telefonen. Das Kohlemikrofon braucht als schalldruckabhängiger Widerstand eine Hilfsspannung. Sein Einsatz ist auf spezielle Anwendungen beschränkt, bei denen vor allem geringer Verstärkeraufwand gefordert wird. Alle anderen Typen geben beim Beschallen eine Wechselspannung mit Schallfrequenz ab. Sie liegt im Millivoltbereich (typisch um 1 mV). Abhängig vom Innenwiderstand des Wandlers bricht sie bei Belastung mit dem Eingangswiderstand des Verstärkers entsprechend zusammen. Im üblichen Anwendungsbereich wird im Interesse eines vernünftigen Frequenzgangs meist mit einem vorgegebenen Widerstandswert »abgeschlossen«. Bei der Auswertung von Schallereignissen über Schwellwertschalter spielt das aber eine geringe Rolle. Im Gegenteil – die bei hochohmigem Abschluß ungedämpft wirksam werdenden Eigenresonanzen können in einfachen Selektivsystemen vielleicht sogar genutzt werden; manchmal läßt sich der Effekt noch mit einem entsprechend großen Kondensator durch Resonanz im Tonfrequenzbereich verbessern.

Die Verstärkung dieser Spannungen auf Werte, mit denen Schwellwertschalter angesteuert werden können, erfordert Wechselspannungsverstärker. Für Überwachungszwecke ohne die Möglichkeit billiger Netzspeisung ist »stromarmen« Schaltungen der Vorzug zu geben. Dabei haben neben geeigneten Operationsverstärkern geringen Leistungsbedarfs und speziellen Mikrofon-Verstärkerschaltkreisen auch stromarm ausgelegte Einzeltransistorschaltungen noch Sinn. Besonders Operationsverstärker lassen sich durch externe Beschaltung leicht in Selektivverstärker umwandeln. Das kommt vielen Überwachungsaufgaben entgegen.



## 3.3. Helligkeit und Temperatur als Auslöser

Das Spektrum dem Amateur zugänglicher Bauelemente reicht heute vom »langsamen« Selenfotoelement aus einem alten Belichtungsmesser über ebenfalls relativ träge Fotowiderstände hoher Empfindlichkeit bei teilweise recht hohen verfügbaren Strömen bis hin zu Silizium-Fototransistoren sowie Silizium-Fotodioden, die höhere Frequenzen verarbeiten können. Demgemäß kann die an ein lichtempfindliches Eingangselement anzuschließende Schaltung – je nach Art des Nutzsignals – wieder ein Gleich- oder ein Wechselspannungsverstärker sein. Tabelle 1 enthält typische Werte lichtempfindlicher Bauelemente. Ausgeklammert bleiben noch Silizium-Fotoelemente (»Solarzellen«), die prinzipiell bei Lichteinfall zur Alarmauslösung gleich die Schaltung selbst mit speisen können. Sie dafür zu nutzen dürfte noch eine Beschaffungs- bzw. Preisfrage sein.

Temperaturempfindliche Bauelemente sind mit lichtempfindlichen Bauelementen vergleichbar. Demgemäß gelten ähnliche Gesichtspunkte für die Auswertung der Information. Typische temperaturempfindliche Bauelemente sind Heißleiter (Thermistoren, NTC-Widerstände), Kaltleiter (PTC-Widerstände), pn-Übergänge in Form von Dioden oder Transistorstrecken und komplexere Halbleiterstrukturen mit linearer »Antwort« auf die Temperatur. Für spezielle Anwendungen lassen sich auch Widerstandsänderungen von dünnen Kupferdrähten ausnutzen (Tabelle 2).

## 3.4. Zwischenträger

Auf dem Wege des Signals von der Quelle bis zur Ausgabe bestehen meist Übergangsstellen. Das ist nicht nur der Übergang von Schallwellen oder Lichtwellen von der Quelle zum Aufnehmer der Schaltung, also über eine gewisse Entfernung. Auch die gewollte Trennung innerhalb eines bereits als elektrischer Strom wirksamen Signalflusses hat große Bedeutung. Zu solchen Bauelementen zählen Übertrager (auch Adapterspulen), Relais und schließlich Optokoppler (siehe Bauplan 60!), die das Einspielen von Signalen in andere »Informationsstromkreise« zulassen. Dabei wird ein hoher Fremdspannungsabstand ebenso wie eine zuverlässige Potentialtrennung erzielt.

# 4. Signalausgaben

## 4.1. Schallwandler

Schallsignale können prinzipiell mit denselben Bauelementen abgestrahlt werden, mit denen man sie aufnimmt. Eine Ausnahme bildet das ohnehin nur am Rande interessante Kohlemikrofon. Auch sollte man nicht alles umkehren wollen. Auf Aufnahme »gezüchtete« Systeme haben meist kleine Massen und reagieren schon auf geringe Schalldrücke. Wiedergabebauelemente sind für größere Leistung ausgelegt. In Wechselsprechanlagen vereinfacht sich der Aufwand aber merklich, wenn derselbe Lautsprecher für Sprechen und Hören benutzt wird.

Soll ein Signalgeber »sparsam« arbeiten, bedient sich der Amateur gern des Resonanzprinzips. In einem eingeschränkten Frequenzbereich lassen sich dann mit kleinen Energien große Schallwirkungen erreichen. Der Piezoschwinger in der Armbanduhr ist das bekannteste Beispiel dafür. Diese Systeme gibt es auch in größerer Ausführung. Dabei ist zwischen den rein passiven zu unterscheiden, die eine Spannung geeigneter Frequenz zum Ansteuern brauchen (wie *piezo-signal*), und aktiven. Diese sind oft mit 3 Elektroden ausgerüstet. Das erleichtert den Einbau einer Selbsterregungsschaltung (siehe z. B. *piezophon*). Typische Werte eines solchen Systems mit eigenem Generator: 1 mA Stromaufnahme je Volt angelegter Spannung, Resonanzfrequenz 2,7 kHz, Schalldruck (mit mechanischem Resonator) 87 dB bei 5 V und 98 dB bei 20 V, Durchmesser etwa 40 mm.

Wenn man nur eine Überwachungsaufgabe lösen muß, kann der Gesamtaufwand also drastisch gesenkt werden. Auf der Strecke bleibt dabei allerdings beinahe schon die Freude am Selbstgebauten. Doch es gibt einen Trost gegen so viel Perfektion: Sind Vielfalt in Tönen und Modulation und damit auch gute Unterscheidbarkeit mehrerer Signale gefragt, bleibt es beim Selbermachen. Schließt man in solche Arbeiten diese Signalgeber mit ein, erlaubt es Konzentration auf anderes, z. B. auf Zeitabhängig-

keiten und spezielle Verknüpfungen in der übrigen Schaltung. Manchmal ist es schon günstig, auf 2 Gatter mehr zurückgreifen zu können, die vorher zur Tonerzeugung gebraucht wurden, oder man gewinnt den zusätzlichen Effekt einer weiteren energiesparenden periodischen Unterbrechung.

Es gibt auch ein elektromagnetisches Gegenstück zum Piezosummer. Das entsteht, wenn der Amateur einen der früher stark verbreiteten 2000-Ω-Kopfhörer zum aktiven Summer umbaut. Dazu muß die Verbindung zwischen den beiden Teilspulen herausgeführt werden. Dadurch läßt sich ein 3-Punkt-Oszillator gewinnen, der seine eigene Schwingung abstrahlt. Ganz ohne weitere Bauelemente (einschließlich eines Transistors) funktioniert das aber auch nicht. Im ganzen also mehr ein Tip für »absolute Selbstversorger«.

Manchmal sind auch aus alten Telefonen 54-Ω-Hörkapseln preisgünstig verfügbar. Sie haben einen so guten Wirkungsgrad, daß man sich meist noch einen Vorwiderstand zum Senken der Stromaufnahme leisten kann. Steht der nötige Platz zur Verfügung und hat man in der Schaltung noch 2 Gatter oder ein Trigger-NAND frei, so sind diese Kapseln ebenfalls eine gute Wahl.

Kleinlautsprecher als »Kleinsignalgeber« haben mindestens den gleichen Volumenbedarf, schneiden aber wegen ihrer meist nur zwischen 8 und 15 Ω liegenden Widerstände schlechter ab, wenn es stromsparend bleiben soll. Es hängt vom Einsatzfall ab, wieviel Vorwiderstand man dagegen aufwenden kann. Lautsprecher sind daher nur für größere gewünschte Schalleistungen von Interesse. Das erfordert entsprechende Verstärkung und rückt nahe an Signalhörner und ähnliche Schreckmittel heran. Dazu mehr in einem der folgenden Baupläne.

### 4.2. Lichtsignal-»Sender«

Schließt man an die Extrembetrachtung beim Schall an, so stehen auf der Lichtseite dafür Blitzgeräte und Halogenstrahler. Sie bleiben hier ausgeklammert. Im »Minileistungsbereich« hat sich dagegen wohl überall das Lichtemitterprinzip durchgesetzt. Letztlich besteht auch wieder Dualität: Halbleiterstrukturen als Lichtaufnehmer wie als Lichtemitter. Manche Leuchtdiodentypen haben neben ihrer Hauptaufgabe zusätzlich noch eine ausgeprägte Lichtempfindlichkeit. Ihre Wirkung reicht bis ins Infrarote, und auch da gibt es spezielle Typen mit großem Wirkungsraum. Laser sei für Amateurzwecke noch ausgeklammert...

Die Attraktivität von Leuchtdioden in Elektronikschaltungen beruht nicht nur auf der langen Lebenserwartung und auf dem kleinen Energiebedarf gegenüber Kleinglühlampen. Bei Leuchtdioden gilt gleichfalls das Resonanzprinzip, denn es handelt sich um Licht sehr begrenzter »Bandbreite«. Die dadurch gegebene Farbauswahl – vor allem Rot, Orange, Gelb und Grün – macht sie ohne Zweifel sehr nützlich. Entsprechend teurere zweifarbige erweitern das Angebot.

Glühlampen haben noch einen anderen Nachteil. Sie sind eine Gefahr für die Halbleiterbauelemente von Lampensteuerschaltungen. Der Widerstand von Glühlampen mit Metallfaden steigt mit der Temperatur, das heißt, sie sind Kaltleiter. Bei normaler Helligkeit erst fließt der aufgedruckte Nennstrom. Im Einschaltaugenblick dagegen muß man mit dem 4- bis 10-, bei Halogentypen sogar 14fachen rechnen, je nach Typ. Schaltungstechnisch bereitet es stets einige Probleme, das abzufangen. Daher ist der Lampenwarmstrom möglichst immer eine Größenordnung niedriger als der zugelassene Höchststrom des Halbleiterbauelements zu wählen.

Neben Leuchtdioden als punktförmige oder kleinflächige Signalausgaben kann man für spezielle Zwecke auch 7-Segment-LED-Anzeigen nutzen. Sie lassen fast das ganze Alphabet in symbolisierter Darstellung zu, teils als Klein-, teils als Großbuchstaben. W und M erreicht man notfalls durch eine Drehung von 90 Grad. Eine solche Buchstaben-Zusatzinformation kann bisweilen recht nützlich sein.

Als Dioden brauchen alle Lichtemitteranzeigen strombegrenzende Vorwiderstände. Meist muß auf etwa 20 mA begrenzt werden.

Eine Sonderstellung nimmt das LCD-Prinzip ein. Extrem geringer Energiebedarf steht einer bei schwacher Beleuchtung schlechten Erkennbarkeit entgegen. Selbstleuchtende Hintergrundfolien bei speziellen Typen schaffen Abhilfe. Während jedoch eine »LED« mit Gleichstrom zufrieden ist, brauchen LCD-Anzeigen gleichstromfreien Betrieb zum langen Überleben. Ohne Steuerelektronik geht es in diesem Fall also nicht. Wohl jede Symbolkombination läßt sich bei entsprechendem Bedarf vom Hersteller realisieren. Die Kontaktierung bleibt aber stets die Schwachstelle. Mit festen Anschlüssen versehene Anzeigen sind handlicher, haben aber ihren Preis.



Insgesamt ist die LCD-Anzeige eigentlich nur in Verbindung mit dem Gerät attraktiv, für das man sie entwickelt hat. In diesem Zusammenhang stellt sie den derzeit bestmöglichen Informationswert dar, der sich ohne Bildschirmausgabe im »klassischen« Sinne erreichen läßt.

Der Heimelektroniker wird sie im Rahmen von Fertiggeräten nutzen, wo er diese braucht. Für den Selbstbau der in diesem Bauplan beschriebenen Objekte ist die LED-Anzeige auch weiterhin gut geeignet. Tabelle 3 informiert über Signalausgabebauelemente der benutzten Art.

## 5. Signalelektronik in Licht und Schall

Akustische Signale müssen nicht melodisch sein – elektronische »Klingeln« vielleicht ausgeklammert (siehe z. B. Bauplan 59). Darum sind rechteckförmige Spannungsverläufe durchaus sinnvoll. Mit RC-Multivibratoren lassen sich solche Kurvenformen erzeugen. Die periodische Folge »Strom – kein Strom« im Verbraucher ist auch für die Aufmerksamkeit erregenden Lichtsignale durch die harten Übergänge günstig. Außerdem geht dann im Übergangsbereich kaum Energie im ansteuernden Transistor bzw. Schaltkreis verloren. Es gibt viele Möglichkeiten für solche Generatorschaltungen. Die folgende Übersicht soll die Auswahl erleichtern helfen. »Zu jedem Problem wenigstens eine Lösung«, sei die Devise, und entscheiden sollte der Leser dann einfach nach dem, was gerade vorhanden oder am leichtesten zu realisieren ist. Vorgestellt werden Schaltungslösungen, die sich auch heute noch vorteilhaft nutzen lassen und vor allem dem Anfänger etwas sagen können.

### 5.1. Transistoren im Wechseltakt

Multivibratoren aus der »klassischen« Transistortechnik sind symmetrische Schaltungen etwa nach Bild 1a. Ein Äquivalent dazu mit Gattern von Digitalschaltkreisen ist nicht zu empfehlen; es schwingt schlecht an. Da jeweils eine der beiden Seiten des Transistormultivibrators Kollektorstrom beansprucht, ist diese Schaltung höchstens bei unsymmetrischer Dimensionierung für Langzeitbatteriebetrieb brauchbar. Ein symmetrischer Multivibrator dieser Art stellt daher nur für Netzbetrieb aus dem Klingeltransformator o. ä. eine günstige Lösung dar. Je nach Kondensatorwert ergeben sich Tonsignale von einigen hundert Hertz oder Blinkzeiten im Sekundenbereich.

Der Generator nach Bild 1 wurde durch eine kleine Endstufe erweitert, kann also (wiederum je nach Kondensatorwert) einen Lautsprecher oder eine blinkende Lampe betreiben. Er läßt sich mit beliebigen Transistoren bestücken und ist damit eine der zahlreichen Möglichkeiten, an sich veraltete Bauelemente noch sinnvoll zu nutzen. Dargestellt wurde eine pnp-Variante.

Auf Grund der Eingriffsstelle (Schalter zwischen x und y) erhält die Endstufe nur im Alarmfall Strom. Damit liegt noch eine günstige Lösung bezüglich des Ruhestrombedarfs vor. Die Energiebilanz im Bereitschaftsbetrieb läßt sich durch Erhöhung der Werte von Basis- und Kollektorwiderstand von V1 um den gleichen Faktor bei gleichzeitigem Verkleinern des rechten Kondensators noch verbessern. Zwischen x und y kann entweder nur ein Kontakt gelegt werden, der beim Schließen den Alarm auslöst (z. B. auch ein Reed-Kontakt o. ä.), oder man wählt einen Fotowiderstand. Das ergibt dann Alarm bei Licht; die Tonhöhe zeigt die Lichtintensität an. Der Widerstand auf der Leiterplatte kann in diesem Fall durch eine Brücke ersetzt werden. Bild 2 zeigt die Leiterplatte für diese Schaltung. Man kann sie nach Umpolen der Betriebsspannung auch mit npn-Transistoren bestücken. Für Blinkzwecke muß die Polarität der dann nötigen Elektrolytkondensatoren gemäß Transistortyp gewählt werden: Plus an den Kollektoren bei npn, Minus bei pnp.

Die Leiterplatte läßt noch eine UND-Verknüpfung bei Signalauslösung zu: Die Punkte P1, P2 im Bestückungsplan, für einen anderen Einsatzfall zum Anschluß eines Lautstärkestellers vorgesehen, werden für reine Signalzwecke zunächst überbrückt. Fügt man hier jedoch noch einen Kontakt ein (das kann wiederum auch ein Relaiskontakt sein), so wird eine bei x, y durch Einschalten eingegebene Information nur dann einen Alarm auslösen, wenn auch die Stelle P1, P2 gerade geschlossen ist. Möglicher Einsatz: Alarm beim Türöffnen (Kontakt bei x, y) wird verhindert, wenn eine ortskundige Person vorher einen bei P1, P2 eingefügten Ruhekontakt öffnet. (Das kann u. U. eine komplizierte Schaltung, z. B. auch mit Zeitglied, bewirken.) In Bild 1b wird das skizziert.

## 5.2. Transistoren komplementär

Eine aus npn-Transistoren zusammengesetzte Multivibratorschaltung mag sich zunächst neben Lösungen mit Schaltkreisen ebenso antiquiert ausnehmen wie etwa der symmetrische Transistormultivibrator. Der Vorzug einer npn-pnp-Kombination liegt bei einem solchen Multivibrator jedoch in dem extrem kleinen Strombedarf in den Signalpausen. Selbst eine Stromquelle kleiner Kapazität eignet sich damit im Bereitschaftsbetrieb für lange Zeiträume. Man kann eine solche Schaltung durch passende Wahl der Bauelemente den unterschiedlichsten Zwecken und Betriebsspannungen anpassen.

Durch die Schaltung nach Bild 3 fließen bei gesperrtem V1 nur der sehr kleine Reststrom von V2 (bei Silizium-Transistoren zu vernachlässigen) und der hauptsächlich vom hochohmigen Widerstand zwischen Plus und Basis von V1 bestimmte Strom von wenigen Mikroampere. Der Widerstand parallel zur Basis-Emitter-Strecke bewirkt, daß V2 erst zu leiten beginnt, wenn der Kollektorstrom von V1 etwa 300 µA erreicht. Bei offenem oder genügend hochohmigem Eingang fließt durch V1 Kollektorstrom, der auch V2 öffnet. Dadurch wächst das Potential am Kollektor von V2 nach positiven Werten. Diese Änderung wirkt über den Rückkopplungskondensator auf die Basis von V1. Der Öffnungsvorgang wird dadurch beschleunigt. Wird der Kondensatorladestrom verringert, dann verkleinert sich der Basisstrom durch V1 wieder; die Spannung über dem Kollektorwiderstand von V2 sinkt, und der Kondensator entlädt sich. Das bedeutet ein schnelles Absinken des Kollektorstroms beider Transistoren. Über den Basiswiderstand von V1 muß sich der Kondensator erneut auf die Schwellspannung von V1 laden, bevor die Transistoren wieder durchlässig werden. Der Vorgang kann nur dann periodisch sein, wenn V1 nicht infolge eines für seine Stromverstärkung und die Batteriespannung zu kleinen Widerstands von Plus her ständig geöffnet ist. Deshalb hat dieser Widerstand *R*1 einen kritischen unteren Wert. Auch der Arbeitswiderstand von V2 kann nicht beliebig klein sein, sonst kommt keine Selbsterregung mehr zustande, weil die rückgeführte Spannungsänderung zu klein wird. Für die Dimensionierung der beiden Fälle nach Bild 3 muß man bei kleinerer Stromverstärkung von V1 den Basiswiderstand *R*1 eventuell verringern. Ohne Kondensator darf die Lampe in Bild 3a höchstens gerade erkennbar glimmen, sonst ist kein Blinken möglich. Durch Variieren der Widerstände und des Kondensators erreicht man sehr unterschiedliche Blinkfrequenzen und Leuchtzeiten innerhalb einer Periode. Bei der Dimensionierung nach Bild 3a liegen die Impulse im Bereich von 1 s. Ein kleiner Wert von *R*2 ergibt kurze Leuchtzeiten.

Sehr variabel ist der Generator nach Bild 3b. Verändert man das rückkoppelnde *RC*-Glied, so entsteht eine große Vielfalt von Klangwirkungen, die von hohem Pfeifen (1 bis 3 nF, 0 bis 10 kΩ) bis zu kaum überhörbarem Schnarren (z. B. 10 nF, 10 kΩ) reichen. Erstaunlich klein ist dabei die Stromaufnahme im Betriebsfall: Schon mit weniger als 5 bis 10 mA (das hängt u. a. vom Tastverhältnis und von der Pulsform der Schwingung ab) hört man den kleinen Lautsprecher ziemlich weit. Der Aufwand ist ebenfalls niedrig, und zum Betrieb reicht im Extremfall eine Knopfzelle.

Will man nicht das Aufheben einer »niederohmigen« Verbindung (Größenordnung bis zu einigen Kiloohm) als Ton signalisieren, sondern gerade ihr Entstehen (z. B. Feuchtemelder, Berührungskontakt oder auch – über Fotowiderstand – Licht, über Heißleiter eine Temperaturgrenze o. ä.), so muß der Widerstand zwischen Plus und Basis über diesen Kontakt geführt werden. Das erfordert aber gegen Fehlauslösungen eine gute Leitungsisolation. Zusätzlich sollte man fremde Wechselspannungseinwirkung durch ein Siebglied abblocken (z. B. einige zehn Kiloohm vor den zur Basisseite führenden Anschluß legen und von dort etwa 10 bis 22 nF nach Masse). Außerdem ist es möglich, durch Serien- oder auch Parallelschaltungen unterschiedlicher Indikatoren »UND«- bzw. »ODER«-Anzeigen zu erzielen.

Bei einem solchen Dimensionierungsspielraum in Abhängigkeit von den Transistordaten kann der weniger Erfahrene vielleicht doch eine ganze Weile experimentieren, bis die Schaltung im gewünschten Sinne arbeitet. Mit einem 3. Transistor wird gemäß Bild 4 eine höhere Nachbausicherheit erreicht.

Dieser Transistor, in den Strompfad für die Basis des 1. Multivibratortransistors eingefügt, bewirkt, daß nach dem Öffnen der beiden für den Schwingbetrieb verantwortlichen Transistoren auf jeden Fall wieder eine Sperrphase folgt. Es kommt dann nur noch darauf an, daß ein gewisser Basismindeststrom bereitgestellt wird, den dieser 3. Transistor periodisch im Sinne der von der Rückkopplung veranlaßten Spannungsschwankung über dem Arbeitswiderstand (z. B. Lampe oder Lautsprecher) unterbricht. Für diese Variante entstand eine Leiterplatte (Bild 5), die sich auch mit der »sparsameren«, aber Abgleich erfordernden Lösung mit 2 Transistoren bestücken läßt. Abschließend zu den allgemeinen Informationen zum Komplementär-Multivibrator bleibt nachzutragen, daß selbstverständlich – je nach Einsatz, Betriebsspannungspolung und vorhandenen Bauelementen – die Lage der beiden zueinander komplementären Transistoren gegenüber den Bildern vertauscht werden kann. Polarisierte Kondensatoren sind entsprechend umzudrehen: Bei pnp als Endstufe liegt Plus am Kollektor, bei npn Minus. Da bei geöffneter Endstufe am Arbeitswiderstand nahezu die Betriebsspannung liegt, während die Basis-Emitter-Strecke des zur Endstufe komplementären Transistors nur etwa 0,7 V gegen Masse führt, ergibt sich eine »Falschpolspannung«, die in dieser Höhe jeder Elektrolytkondensator verträgt. In der Variante nach Bild 4 hat der Hilfstransistor stets die zur Endstufe komplementäre Zonenfolge.



## 5.3. Takt aus TTL-Schaltkreisen

TTL (Transistor-Transistor-Logik) ist eine »bejahrte« Schaltkreisfamilie. Entsprechend große Mengen sind verfügbar. Kann man TTL-Gatter sinnvoll für Signalgeneratoren nutzen? Das kommt vor allem auf die Stromversorgung an. Nur etwa 20 % des TTL-Energiebedarfs brauchen die weiterentwickelten Low-Power-*Schottky*-Schaltkreise (LS-TTL).

Bild 6 zeigt einen Generator aus Logikgattern, der sowohl gut anschwingt als auch nur wenige Bauelemente benötigt. Wenn man TTL-Gatter benutzt, kann allerdings nur *C* variiert werden. *R* liegt infolge der Pegel- und Stromverhältnisse in relativ engen Grenzen fest. (Für CMOS – siehe unten – gelten dagegen keine entscheidenden Beschränkungen.) Einen größeren Bereich auch bei TTL läßt die Schaltung nach Bild 7 zu.

Dieser Generator kann in der Frequenz über etwa 2 Oktaven verändert werden, wenn man ihn nach Bild 8 modifiziert. (Auch in diesem Fall erweitern LS-TTL- und noch mehr CMOS-Technik den zulässigen Wertebereich der Bauelemente erheblich.) Diese Frequenzsteuerbarkeit ergibt zahlreiche Möglichkeiten einer selektiven Information, wenn mehreren Widerständen unterschiedlicher Werte verschiedene Überwachungspunkte zugeordnet werden. Auch Sireneneffekte sind möglich, z. B. durch einen selbstgebauten Optokoppler aus (träger) Glühlampe und Fotowiderstand. Experimente mit dieser interessanten Schaltung und auch ihren Einsatz in Alarmsystemen erleichtert die Leiterplatte nach Bild 9.

In der dargestellten Form schwingt die Schaltung allerdings ständig mit dem tiefsten Ton, auch, wenn kein »$R_{var}$« (über Überwachungskontakt) angeschlossen ist. Mit der Änderung nach Bild 10 läßt sich das beheben. Das 4. Gatter wirkt jetzt als Sperre: Solange seine Eingänge nicht auf L gezogen werden, ist sein Ausgang L und sperrt den Generator. Der Überwachungskontakt kehrt diese Situation um. Die Leiterplatte nach Bild 9 kann leicht auf diesen Fall umgezeichnet werden. Bild 11 zeigt die Nutzung für 3 Überwachungsstellen. Der Störabstand solcher Lösungen (freie Eingänge nicht beschaltet, Diodenschwellspannung wenig unter höchstzulässigem L-Wert von TTL) ist gering. Doch das hat für diese Anwendung keine Bedeutung. Ein CMOS-Gatter darf man dagegen eingangsseitig nie frei lassen; bei NAND-Gattern wie im vorliegenden Fall muß es an Plus Betriebsspannung gelegt werden. Doch die Leiterplatte ist auch nur für die Anschlußbelegung von TTL-Schaltkreisen (*D 100*) vorgesehen, und eine pinkompatible spezielle CMOS-Reihe ist Amateuren noch nicht zugänglich.

Die Dioden in Bild 11 sind, wie man leicht erkennt, (leider) nötig. Anderenfalls lägen die Widerstände über D alle parallel!

Soll die Schaltung nach Bild 11 in dieser Form als Alarmgeber genutzt werden, braucht man ein kleines »Leistungsinterface«. Da der Ausgang im Ruhezustand auf H liegt, empfiehlt sich ein pnp-Transistor mit einem Entkopplungswiderstand. 10 kΩ sind angemessen. Bei den für TTL vorgeschriebenen 5 V Betriebsspannung (in unserem speziellen Fall genügt aber auch noch eine 3×*R6*-Batterie!) sind dann rund 400 µA Basisstrom verfügbar. Bei hundertfacher Stromverstärkung ergibt das einen möglichen Kollektorstrom von 40 mA. Damit kann man also mindestens rechnen. Ein 15-Ω-Lautsprecher (0,5 W) zusammen mit etwa 68 Ω Vorwiderstand bringt gerade die nötigen Werte für den Kollektorkreis, so daß weder der Transistor noch er überlastet werden kann (Beispiele siehe Bild 14).

Wird statt eines *D 100* ein *DL 000* eingesetzt, kommt man im Ruhestrombedarf auf Werte um 2,5 mA. Gegenüber etwa 13 mA beim *D 100* ist das schon ganz brauchbar. Für Dauerbetrieb an einer Batterie bleibt es zuviel. Der Ausweg heißt CMOS.

## 5.4. CMOS-Generatoren

Mit CMOS-Digitalschaltkreisen lassen sich äußerst ökonomische Signalgeber realisieren (siehe Bauplan 59 und Bauplan 62!). CMOS – das sei für »Erstleser« wiederholt – ist die Abkürzung für komplementäre MOS-Technik. Es bedeutet Gatter mit je 2 in Serie an der Speisespannung liegenden MOS-Transistoren zueinander entgegengesetzter Leitfähigkeit. Im Ruhezustand (sauberes H bzw. L an den Eingängen) fließt in einer solchen Stufe so gut wie kein Strom. Wegen der Ansteuerung über den Feldeffekt wird auch eingangsseitig nur mit Potentialen und völlig »stromlos« gesteuert, von den mit wachsenden Steuerfrequenzen zunehmenden kapazitiven Strömen abgesehen.

Bild 12 zeigt die Grundform eines CMOS-Inverters. Weiterer Vorzug dieser Schaltkreise ist ihr zulässiger Betriebsspannungsbereich von etwa 3 bis 15 V. Spezialausführungen kommen mit noch geringerer Spannung aus. Das alles hat aber auch eine Kehrseite. CMOS-Einheiten erfordern mindestens die gleiche Sorgfalt im Umgang bezüglich statischer Spannungen wie MOS-Transistoren. Daher – wieder für »Erstleser« – kurz die Behandlungsregeln für beide: Die äußerst dünne Isolation der Steuerelektrode schlägt schon bei elektrostatisch entstandenen hohen Spannungen von kleinster Energie durch, wie sie der menschliche Körper durch Reibung in Kunststoffkleidung oder auf synthetischen Sitzmöbeln annehmen kann. CMOS-Schaltkreise lagert man deshalb mit untereinander kurzgeschlossenen Anschlüssen bzw. auf einer Metall- oder Leitgummiunterlage. Ein mit dem Lötkolben (am besten ein transformatorgespeistes Niederspannungsmodell) verbundenes Stück kupferkaschierten Halbzeugs als Arbeitsfläche sowie das häufige Berühren dieser Platte sind geeignete Vorsichtsmaßnahmen. CMOS-Schaltkreise werden erst am Schluß eingesetzt, bei Experimentierschaltungen am besten in Schaltkreisfassungen.

Man sollte diese Vorsichtsmaßnahmen trotz der integrierten Gateschutzdioden beachten. Sie können stets nur eine gewisse Ladungsmenge unschädlich machen; aber weiß man konkret, wieviel Energie und mit welcher Spannung tatsächlich bei unsachgemäßer Handhabung an den Schaltkreis gelangt? Besonders unangenehm ist dabei, daß ein solches Gatter anschließend durchaus noch »teilweise« funktionieren kann, nur eben nicht mehr einwandfrei!

CMOS-Schaltkreise haben noch eine weitere Anwendungsgrenze. Man kann ihre Ausgänge meist nicht mit den von TTL-Technik gewohnten, relativ hohen Strömen belasten. Das ist intern auch nicht erforderlich. Im allgemeinen rechnet man mit Ausgangsströmen in der Größenordnung von 1 mA. Dem ist die Schaltungsperipherie anzupassen, also der Übergang auf die »leistungsintensiveren« Licht- und Schallsignale. Bereits bei dem mit Transistoren aufgebauten symmetrischen Multivibrator nach Bild 1 und ähnlich bei Bild 10 wurde eine Maßnahme genannt, durch die die Endstufe erst aktiviert wird. Entsprechend sollte man, wo immer möglich, selbstverständlich auch CMOS-Ausgangsschaltungen ankoppeln. Bild 13 zeigt ein solches Anwendungsbeispiel mit 2 CMOS-NOR-Gattern, die einen Multivibrator bilden. Die Dimensionierung ergibt jeweils einen Hell-Dunkel-Zyklus von etwa 1,5 s. Der frequenzbestimmende Widerstand kann von 1 MΩ bis auf 10 MΩ erhöht werden, was eine Verzehnfachung dieser Blinkzeit ergibt. Bei dieser wie auch bei anderen CMOS-Anwendungen ist zu beachten, daß der Kondensator im Rückkopplungszweig keinen Leckstrom haben darf.

Elektrolytkondensatoren sind an dieser Stelle völlig ungeeignet. Über einen Schutzwiderstand von 10 kΩ wird das Multivibratorsignal (also der periodische Wechsel von H und L am Ausgang des unteren Gatters) einer Komplementär-Schaltstufe zugeführt. Der Start des Generators bei Alarm wird z. B. über einen sich schließenden Kontakt oder auch durch einen beim Beleuchten genügend niederohmig werdenden Fotowiderstand ausgelöst. Dabei erhält der bisher auf H liegende Eingang des linken NOR L. Während vorher entsprechend der Logikbedingung »H an 1 oder an 2 gibt negiertes H am Ausgang« der Ausgang stets auf L lag, kann nun der Multivibrator über den 2. Eingang frei schwingen mit einer Periodendauer, die durch die Zeitkonstante $R3C1$ bestimmt wird. Bild 14a zeigt eine äquivalente Schaltung für Tonsignale von etwa 800 Hz. Bei der angegebenen Dimensionierung erhält man in einem 15-Ω-Lautsprecher etwa 25 mW Tonfrequenzleistung, wenn die Betriebsspannung 9 V beträgt. Ist die zu erwartende Alarmzeit klein, so kann der dabei fließende Strom von etwa 40 mA (Mittelwert) von einer kleinen 9-V-Batterie aufgebracht werden.

CMOS-Schaltungen haben noch einige weitere Besonderheiten, über die man informiert sein sollte. Die Bilder sind dann leichter zu verstehen. Es hängt mit den integrierten Schutzmaßnahmen zusammen, die die empfindliche Steuerelektrodenisolation vor dem Zerstören bewahren können. Dazu werden auf-



tretende Ladungen mit Dioden nach den Betriebsspannungsanschlüssen abgeleitet. Sie bleiben gesperrt, solange an den Eingängen keine Spannungen außerhalb des Bereichs der Betriebsspannung auftreten. Ihr Ableitvermögen ist jedoch begrenzt – für hohe Ströme sind sie zu klein. Daher gilt die Regel, alle im Störfall möglichen Ströme auf wenige Milliampere zu begrenzen. Mit Widerständen fällt das relativ leicht – schließlich bilden die Eingänge im Normalfall Kapazitäten von weniger als 10 pF. Erst bei höheren Frequenzen kann sich ein solcher Vorwiderstand darum nachteilig auswirken.

Für die Signalgeneratoren ist das bedeutungslos. Die eingezeichneten Vorwiderstände haben folgenden Sinn: In solchen Schwingschaltungen laden sich Kondensatoren periodisch um. Damit erscheinen an den Eingängen zu bestimmten Zeiten Spannungen, die außerhalb des Betriebsspannungsbereichs liegen (sowohl oberhalb der positiven wie unterhalb der negativen Betriebsspannung). In diesen Zeiten fließen relativ große Ströme über die Dioden, und die Kondensatoren werden schneller entladen. In der Schaltung nach Bild 13 beispielsweise kommt das so zustande: $C$ wird wechselweise mit dem rechten Belag über den 2. Gatterausgang direkt und über den 1. Gatterausgang durch den 1-MΩ-Widerstand mit Plus bzw. Masse verbunden. War er »rechts« auf Plus geladen, weil »links« Massepotential herrschte, so wirkt er, wenn ihn nur der »rechte« Ausgang auf Masse schaltet, »links« als negativ gepolte Batterie, bis er sich (über 1 MΩ) vom linken Ausgang her wieder umgeladen hat, denn der linke Ausgang führt jetzt H, also Plus.

Die Kopplung mit Kondensator vom 2. Ausgang auf den 1. Eingang ist für die Gatterfunktion unbedingt nötig, doch eine dabei leitend werdende Schutzbeschaltung stört diese Abläufe erheblich – abgesehen davon, daß ihr größere Ladungsmengen gefährlich werden können, was der Widerstand zwischen $C$ und Eingang verhindert. Seine Größe darf nicht verwirren, schließlich geht es um CMOS, und da fließen im »Normalbetrieb« nur sehr kleine Leckströme. Damit begrenzt dieser Widerstand auf der einen Seite nachteilige Effekte, solange der Koppelpunkt noch negativ ist, und verändert doch die von diesem Punkt auf den Eingang gelangende Spannung nur wenig, sobald sie wieder positiv ist. Erreicht die Kondensatorladung etwa die halbe positive Betriebsspannung, so kippt das Ganze wieder auf L an Ausgang 1, damit H an Ausgang 2, und $C$ wirkt nun als »positiv gepolte Batterie«. Da sie jetzt aber auf die Ausgangsspannung aufgestockt ist, leitet die andere Seite der Eingangsschutzbeschaltung. Wie gut, daß dieser Widerstand den Strom auch in diesem Fall begrenzt!

Die beiden Schaltungen enthalten noch eine Besonderheit. Ein NOR wird durch H an einem Eingang gehindert, Signale an einem anderen Eingang zum Ausgang weiterzuleiten (der bleibt auf L). Darum läßt sich z. B. der Tongenerator nach Bild 14a vom Blinkgenerator nach Bild 13 pulsen. Der Punkt Ka1 in Bild 13 liegt im Ruhezustand auf L. So stört er den Generator in Bild 14a nicht, wenn man ihn dort mit Punkt Ke2 verbindet. (Der 470-kΩ-Widerstand ist nur für den Fall nötig, daß diese Kopplung fehlt. Man kann aber in solchem Fall auch einfach diesen Eingang direkt an Masse oder an den anderen Eingang legen.)

Den Besonderheiten der beiden Schaltungen sind ebenfalls ihre Leiterplatten angepaßt. Auf Grund der relativ niedrigen Preise ist es keine allzu große Verschwendung, wie in Bild 15 einmal nur eine Hälfte eines Gatterbausteins zu nutzen. Doch wo bei TTL der Rest einfach leergelassen werden konnte, muß CMOS definierte Potentiale erhalten. Anderenfalls gelangen während des Betriebs Ladungen zu den Eingängen. Kommt dadurch ein solches unbenutztes Gatter in den aktiven Bereich, bedient es sich kräftig aus der Stromquelle. Der Querstrom kann bei höheren Betriebsspannungen sogar das Gatter zerstören. Grund genug, im vorliegenden Fall die Eingänge der unbenutzten NORs an Plus zu legen. Die zugehörigen Ausgänge liegen dann auf L.

Die Leiterplatte nach Bild 16 nutzt alle 4 Gatter des *V 4001*. Dabei wurde vorausgesetzt, daß die Platte entweder zweimal die Schaltung nach Bild 14a realisiert oder daß sie einmal einen Blinkgenerator für kleine Ausgangsleistung (z. B. mit Leuchtdiode) und dazu einen Tongenerator trägt. Im letztgenannten Fall kann vom »Pulsgenerator« zum Tongenerator durch eine Brücke Ka1–Ke2, wie schon angedeutet, der Ton gepulst werden, sobald auch der Blinkgenerator Alarm gibt. Man kann sogar 3 unterschiedlich dringliche Ereignisse anzeigen: Blinken allein heißt »Alarmstufe 1«, Ton allein »Alarmstufe 2«. Wenn beides gleichzeitig auslöst oder wenn erst das eine und darauf zusätzlich das andere Ereignis eintritt, signalisieren das pulsierender Ton und Blinksignal zusammen. Man beachte, daß alle diese Schaltungen, wie das für Alarmsignalgeber sinnvoll ist, ohne Batterieschalter auskommen, weil sich der Ruhestrom vernachlässigen läßt. Das gilt auch bei CMOS nur unter 2 entscheidenden Voraussetzungen. Zum einen

darf der Generator während der Pausen auch wirklich nicht schwingen (was in Verknüpfungen mit Freigabegattern durchaus sein könnte!), und zum anderen müssen alle Ruhepegel so gewählt werden, daß die jeweiligen Gatter sauber H oder L führen. Bei 5 V Betriebsspannung ist schon der Bereich zwischen 1 und 4 V fast als L- bzw. H-Pegel wirksam und real für merkliche Querströme in den komplementären Endstufen der Gatter verantwortlich (besonders bei den modernen gepufferten Typen!).

Man kann allerdings auch einfach einen Batterieschalter als »Fühler« an der zu überwachenden Stelle einsetzen. In der Schaltung nach Bild 17 ist das mit einem besonderen Effekt verbunden. In ihr werden nämlich ein Takt- und ein von diesem gesteuerter Tongenerator in Betrieb gesetzt. Der sich ergebende Ton (im Beispiel um 800 Hz, mit etwa 6 Hz gepulst) erregt leichter Aufmerksamkeit als ein monotones Dauersignal. Eine Leiterplatte für dieses Beispiel bietet Bild 18.

4 Generatoren statt 2 erlaubt schließlich der *Schmitt*-Trigger-Schaltkreis *4093*. Jedes seiner 4 NAND-Elemente kann gemäß Bild 19 zum Schwingen gebracht werden. Die möglichen Frequenzen reichen von Bruchteilen eines Hertz bis in den Megahertzbereich (Vorsicht – Störstrahlung!). Auch diese Generatoren können sowohl untereinander wie nach außen über eine Leistungsstufe so miteinander verknüpft werden, daß ganz unterschiedliche Toneffekte zustande kommen. Das läßt sich für Überwachungszwecke nutzen, aber auch innerhalb von elektronischem Spielzeug oder für Geräuscheffekte bei Spielen.

## 5.5. Ton und Takt mit dem Operationsverstärker

Es gibt viele Möglichkeiten, hochverstärkende integrierte Operationsverstärker (OPV) zum Schwingen im Tonfrequenzbereich anzuregen. Die Kurvenformen reichen von Dreieck- und Sägezahnschwingungen über Rechtecke bis zum Sinus. Die letztgenannte Generatorart erfordert den größten Aufwand. Es hat eigentlich nur Sinn, sie im Zusammenhang mit einer konkreten Anwendung zu behandeln. Für Signalzwecke bedarf es jedoch meist keiner »besonderen« Kurvenform. Eine einfache OPV-Generatorschaltung für Signalzwecke läßt sich nach Bild 20 auslegen. Eine passende Leiterplatte zeigt Bild 21.

Mit einem Mehrfach-OPV können dann wieder ähnliche Effekte wie mit Gattergeneratoren erzielt werden. Man wird heute wohl in den meisten Fällen CMOS-Generatoren vorziehen, wenn der Ruhestrombedarf den Einsatz bestimmt. Allerdings braucht man für sie fast immer eine kleine Leistungsendstufe, die aber ebenfalls ruhestromfrei sein kann, wie gezeigt worden ist. Bestimmte OPV-Typen bieten jedoch einen brauchbaren Kompromiß in all diesen Dingen, wenn man sie entsprechend beschaltet. Typen wie *B 761* und *B 861* arbeiten bereits bei nur 3 bis 4 V Betriebsspannung. Ohne Ausgangsstrom nehmen sie dabei nur wenige hundert Mikroampere Strom auf. Die Endstufe aber kann mit Strömen bis zu 70 mA belastet werden. Als Open-Collector-Typen erfordern sie stets einen Arbeitswiderstand nach Plus. Das kann z. B. ein Lautsprecher mit strombegrenzendem Vorwiderstand sein oder eine Hörkapsel. Wird die Schaltung so ausgelegt, daß der Ausgang im Ruhe-, das heißt Bereitschaftszustand, H führt, ist diese Last stromlos. Zur Selbsterregung genügt ein Koppelwiderstand vom Ausgang auf den nichtinvertierenden Eingang gemäß Bild 20. Mit einem Spannungsteiler wird dieser Eingang im normalen Arbeitsbereich gehalten, das heißt für *B 761* oder *B 861*, daß er etwa 0,6 bis 0,8 V von den Betriebsspannungsgrenzen entfernt bleibt. *C* kann sich über *R* aufladen, solange $U_{(+)} > U_{(-)}$, denn dabei befindet sich der Ausgang auf H; er ist gesperrt. Überschreitet *C* die Spannung an (+) um einige Millivolt, kippt der Ausgang auf L, was bei diesen Typen praktisch etwa 0,7 V bedeutet.

Der Koppelwiderstand bewirkt, daß auch der (+)-Eingang dabei auf eine niedrigere Spannung geschaltet wird (z. B. auf 0,7 V). Daher bleibt die Differenz zwischen (−) und (+) positiv, bis sich *C* über *R* »in den Ausgang hinein« auf den $U_{(+)}$-Wert entladen hat. Jetzt kippt der Ausgang wieder auf H, also praktisch $U_S$, $U_{(+)}$ wird im Beispiel schlagartig auf etwa 1,5 V erhöht, und *C* beginnt sich wieder aufzuladen.

Am Ausgang entstehen Rechtecke mit einer Amplitude von etwa $U_S - 0{,}7$ V, und der $U_C$-Verlauf setzt sich aus einer ansteigenden und einer abklingenden e-Funktion je Periode zusammen. Die Zeiten werden von *R* und *C* bestimmt. Das Tastverhältnis der Schaltung nach Bild 20 ist zunächst bezüglich der Batteriebelastung ungünstig. Für die Aufladung von *C* steht die große Spannungsdifferenz zwischen $U_S$ (4 V) und 0,7 V zur Verfügung, während im Beispiel von 1,5 auf 0,7 V entladen wird. Die Ausgangsspannung hat daher wesentlich schmalere H-Impulse als L-Zeiten. Wer sich mit e-Funktionen auskennt,



kann sich das leicht beweisen. Ebenso eindeutig zeigt eine Variation einer solchen Rechnung den Ausweg: Der Kondensator wird nicht von $U_S$ aus geladen, sondern nur von z. B. $U_S/2$ aus. Auf jeden Fall muß aber der Wert von $U_{(+)}$ bei gesperrtem Ausgang niedriger liegen. Anderenfalls kann die Schwingbedingung nicht erfüllt werden, die durch geringfügiges Überschreiten von $U_C$ gegen $U_{(+)}$ gegeben ist.

Ein Spannungsteiler realisiert diese Variante, dargestellt in Bild 20b. Bei gleichen *R*-Werten kann der Endwert von $U_C$ (wenn die Schaltung nicht bereits bei $U_C > U_{(+)}$ kippen würde) nur noch etwa halb so groß sein wie $U_S$. (»Etwa«, weil der Arbeitswiderstand am Ausgang zur Teilung beiträgt, jedoch wesentlich kleiner als *R* ist.) Die Entladung wird ebenfalls beschleunigt, doch erhält man insgesamt ein günstigeres Verhältnis von H- zu L-Zeit. Der H-Anteil steigt, während – da beide Zeitkonstanten kleiner geworden sind – die Frequenz höher ist. Richtwerte am praktischen Beispiel: *f* nach Bild 20a 250 Hz, nach Bild 20b 350 Hz.

Sobald dieser Teiler durch einen externen Widerstand parallel zu *C* ausreichend belastet wird, reißt die Schwingung ab, und die Ausgangsspannung geht auf H. Damit fließt nur noch der OPV-Ruhestrom. Ein *B 861* z. B. konnte so bei nur 2 V (vom Hersteller garantierte Mindestbetriebsspannung: 3 V) mit 160 μA betrieben werden. Bei 4 V stieg der Ruhestrombedarf auf 210 μA.

Diese externe Last kann ein Medium sein, dessen Feuchtegehalt zu überwachen ist, ein Fotowiderstand oder auch ein Heißleiter – also alle für solche Signalgeber möglichen »Aufnahmeköpfe«.

Als klassische Signalausgabe mit geringem Strombedarf empfiehlt sich für das Beispiel eine mittel- bis hochohmige Hörkapsel. Bei größeren von der Batterie her zulässigen Strömen (weil vielleicht immer nur kurz signalisiert wird) kann auch ein Lautsprecher mit Vorwiderstand eingesetzt werden. Man beachte, daß bei höheren Ausgangsströmen die untere Ausgangsspannungsgrenze steigt. Besonders sparsam und dennoch relativ laut ist auch für diese Schaltung eine aktive Piezokapsel. Statt einer Tonfrequenz wird in diesem Fall wieder eine Pulsfrequenz erzeugt – mit 2,2 μF Nennwert ergaben sich z. B. etwa 2 Hz. Damit wird die gegen Plus als Arbeitswiderstand angeschlossene Kapsel in ihrer bei Stromeinspeisung selbsterzeugten Frequenz (z. B. 2,7 kHz) periodisch unterbrochen. Das Ergebnis ist wieder ein recht wirksamer Signalton.

Spezielle, in Stromaufnahme und Verstärkung programmierbare Operationsverstärker wie der *B 176* können noch auf andere Weise extern gesteuert werden, zudem mit Ruheströmen, die durchaus denen von CMOS-Schaltkreisen vergleichbar sind.

## 5.6. Generatoren mit dem »555«

Wenn es auf 2 bis 3 mA Dauerstrom nicht ankommt und man dafür eine leistungsfähige Endstufe und vielseitige Steuerungsmöglichkeiten erhält, ist der *555* am Platze. Er bietet ein extrem großes Anwendungsspektrum und wurde darum auch in der Bauplanreihe bereits in einigen Objekten benutzt (siehe u. a. Bauplan 56 und Bauplan 59). Es gibt ein Buch über ihn, das erst kürzlich im Militärverlag der DDR erschienen ist.

Der *555* (vollständige Bezeichnung des DDR-Typs: *B 555 D*) hat gegenüber anderen Tongeneratorlösungen den großen Vorzug, daß er bereits eine leistungsfähige Endstufe enthält. Bei Einsatzfällen ohne Ruhestromabschaltung ist dabei wichtig, welches Potential der Ausgang annimmt, wenn der Generator nicht schwingt. Das hängt von den Ruhespannungen an den Eingängen 2 und 6 ab: Ist der dort angeschlossene Kondensator entladen, führt Ausgang 3 H, anderenfalls (bei H an 6) L. Ein direkt an den Ausgang gelegter Schallwandler beansprucht damit im 1. Fall Ruhestrom, wenn er gegen Masse geschaltet ist, im 2. dagegen, wenn er an Plus liegt.

## 5.7. Signale vom Chip

Schaltkreise mit höherem Integrationsgrad, die für spezielle Zwecke entwickelt wurden (Uhren, Rechner u. ä.), enthalten meist von einem höherfrequenten Takt angesteuerte Teiler. Vielfach stehen dann an bestimmten Anschlüssen dieser Schaltkreise außer den eigentlichen Nutzsignalen noch Frequenzen auch im Hörbereich und darunter zur Verfügung, aus denen sich »generatorlos« Signale für Schallwandler oder auch für Leuchtanzeigen ableiten lassen. Praktische Beispiele sind die Ableitung von im Sekundenrhythmus gepulsten Tonfrequenzsignalen aus Rechnerschaltkreisen oder aus Teilerschaltkreisen für Quarzuhren.

# 6. Für den guten Ruf

Der Standort des Telefons ist oft ungeeignet, so daß das Klingelzeichen schlecht oder gar nicht gehört wird. Diesen Mißstand gilt es zu beseitigen. Selbstverständlich bleibt das Postnetz unangetastet. (Es sei denn, man läßt von berufener Seite eine Zweitklingel installieren.) Selbstbau erlaubt mehr Flexibilität. Ein Leistungsverstärker entsprechender Reichweite wäre die schlechteste Problemlösung. Bei dünnen Wänden hebt dann vielleicht der Nachbar ab, der gar nicht gemeint war.

Im Grunde gibt es 2 × 2 Möglichkeiten für die »verlängerte Glocke« am passenden Ort: Man kann das Signal so lassen, wie es ist. Dann genügt ein NF-Verstärker mit Mikrofoneingang. Man kann es aber auch »verfremden«. In solchem Fall löst das Klingeln nur einen anderen Signalgeber aus, von dem im Abschnitt 5. schon einiges beschrieben worden ist.

Das beim Klingeln um »herkömmliche« Telefone entstehende magnetische Wechselfeld läßt sich alternativ zum Schall nutzen. Das hat den Vorteil, daß die »Slave-Klingel« selbst bei leise gestellter »Master-Klingel« zuverlässig ausgelöst wird. Es bedeutet auch, daß man sich mit anderen Geräuschen in Telefonnähe keine Beschränkung auferlegen muß. Denn je nach Verfahren werden sie zum Zweitklingelort direkt übertragen oder dort in das jeweils andere Signal umgesetzt. Und das gibt dann einen Fehlalarm, Niesen könnte dafür reichen!

## 6.1. Mit Transistor und Mikrofon

Zu steckbaren Telefonen gehört schon von der Anlage her eine fest installierte Zweitklingel. Nimmt man von deren Gehäuse per »Körperschall« das Klingelsignal ab, gibt es eine bisweilen recht brauchbare Zwischenlösung. Ein nach dieser Vorgabe gefertigtes Muster wurde mit ausgebauten alten Hochtonlautsprechern ausgerüstet. Als Mikrofon sind sie auf Grund ihrer steifen Membran erst für größere Schalldrücke empfänglich, in Lautsprecherfunktion wird von ihnen das Klingelgeräusch betont. Transistoranfängern dürfte die so entstandene Lösung gefallen. Bild 22 zeigt einen auf minimalen Ruhestrom gezüchteten Vorverstärker. Ihm schließt sich eine komplementäre Endstufe ohne Ruhestrom an. Da es in diesem Fall nicht um Konzertreife geht, spielt der Klirrfaktor keine Rolle. Hauptsache, man hört es.

Solange es für den relativ »schwerhörigen« Hochtöner mit Mikrofonauftrag ruhig bleibt, belastet die Schaltung eine 4,5-V-Batterie mit nur etwa 50 μA. Ein langes Leben ist dieser Batterie also gewiß – sofern es keine Störenfriede gibt. Als solche können sowohl starke Rundfunksender wie auch Klingeltransformatoren mit ihrem Streufeld wirken. Gegen Transformatorfelder hilft nur Distanz. Den Rundfunksender kann man dagegen nicht verschieben. Doch schon der im Eingangskreis angebrachte Keramikkondensator von 10 nF erwies sich unter harten Bedingungen (wenige Kilometer von Sendern entfernt) im Muster als ausreichend. Im Zweifelsfall informiert ein Strommesser im Batteriekreis über die Wirkung. Niesen sollte dabei allerdings ebenfalls unterlassen werden. Als Fehlalarm wirkt es aber kaum. Wessen Telefonklingel hat schon genau diesen Sound?

Die Schaltung sieht insgesamt sehr einfach aus. Die Bauelementepreise sind ebenfalls gering. Doch Vorsicht – Elektrolytkondensatoren sind für diesen Vorverstärker völlig ungeeignete Koppelelemente! Die Arbeitspunkte würden von ihren Restströmen hoffnungslos verschoben werden. MKT- oder MKL-Kondensatoren kosten aber etwas mehr. Übersichtliche Verhältnisse in den beiden Stufen sind jedoch einer Gleichstromkopplung im vorliegenden Fall vorzuziehen.

Da diese Schaltung erst von einem Schwellwert an reagiert, eignet sie sich auch für andere Zwecke, wo nicht jedes kleine Geräusch interessiert.

Anschließend gleich noch eine Einsatzmöglichkeit: Schon ein Widerstand von einigen hundert Kiloohm von der Basis des pnp-Transistors nach Masse verändert alles. Er liefert A-Betrieb bereits für kleine Eingangssignale. Statt des Hochtöner-»Fast«-Mikrofons empfiehlt sich in diesem Fall ein empfindlicheres. Allerdings fließt nun doch ein Strom, den man der Batterie nicht gar so lange zumuten möchte. Wiederum konkret: Die Einrichtung wurde gleich noch (weil sich das gerade anbot) als Freizeichenindikator benutzt. Zur Schonung der Batterie wurde für diesen Einsatzfall ein kleiner Kunstgriff angewendet: Den genannten zusätzlichen Basiswiderstand führt man nicht direkt nach Masse, sondern über einen Kondensator von einigen Mikrofarad. Zu Beginn der Nutzungszeit (nach Wahl der Teilnehmer-



nummer) wird dieser Kondensator mit einer Taste entladen. Die Zeitkonstante aus Basiswiderstand und Kondensator hält die Endstufe einige Zeit aktiv. Längeres Warten (wenn das Sinn hat) erfordert gelegentliches Wiederholen der Entladung. Wann das nötig ist, erkennt man am leiser werdenden Freizeichen.

## 6.2. Mit Chip und Draht

Mit einem programmierbaren Operationsverstärker wie dem *B 176* läßt sich eine interessante Zweitklingel bauen, die das Magnetfeldsignal in ein Tonsignal wandelt. Bereits eine Spule aus nur 50 bis 100 Windungen Schaltdraht mit 50 mm Wickeldurchmesser bringt, an geeigneter Stelle des Tischapparats angebracht, ausreichende Eingangsspannung. Bild 23 zeigt den *B176* in symmetrischer Betriebsart. Das spart Widerstände. Einschalter sind ohnehin nicht erforderlich. Mit $R_{set}$ kann die Ruhestromaufnahme auf unter 100 μA (wie im Beispiel) oder noch tiefer eingestellt werden, je nach nötiger Empfindlichkeit. Im Ausgangskreis, wenn auch nicht gerade optimal an den *B 176* angepaßt, befindet sich ein aktiver Piezosignalgeber, also mit eingebautem Generator. Er ist über eine Einweggleichrichterschaltung angeschlossen und wird daher nur von den positiven Halbwellen der verstärkten Signalspannung aktiviert. Die relativ starke frequenzabhängige Gegenkopplung mit 10 nF bewirkt ein die Funktion stabilisierendes Tiefpaßverhalten. Ohne diese Maßnahme können bereits Erschütterungen, die die Spulenwindungen zueinander verschieben, kurzzeitig Alarm auslösen.

Die Schaltung konnte derart einfach gehalten werden, weil sie mit ihren vom Piezoschwinger vorgegebenen Ton lediglich den Klingeltongruppen des Tischapparates folgt. Durch die symmetrische Betriebsart und die starke Gleichspannungsgegenkopplung ist die Signalkapsel im Ruhezustand nahezu stromlos.

Der Aufwand für das kleine Gerät wird etwas größer, wenn man, wie in Bild 23 angedeutet, eine abfragbare Batteriekontrolle fest einbaut. Nach den ersten 4 Betriebswochen sollte man sie bisweilen benutzen.

## 6.3. Von Chip zu Chip

Schaltungen, die besser von anderen Piezoschallgebern unterscheidbare Signale abgeben sollen, sind aufwendiger. In diesem Fall kann CMOS helfen (Bild 24). Dadurch bleibt der geringe Ruhestrom der Ursprungslösung nach Bild 23 erhalten. Die Schaltung ist weiterhin batterietauglich.

Der *B 176* muß diesmal bei Aussteuerung die Schaltschwelle ($\approx U_S/2$) überschreiten. Im Ruhezustand soll die Eingangsspannung am CMOS-Schaltkreis wegen der Querströme aber möglichst nahe 0 V oder $U_S$ (je nach Gesamtschaltung) liegen.

Die Schaltung spricht bereits bei einer Eingangsspannung von 2 mV Spitzenwert an. Der CMOS-Teil erlaubt mit aktiver Piezokapsel (über Vorwiderstand an das letzte Gatter angeschlossen) eine 3-Ton-Signalisierung: Signalton mit Kapselfrequenz, die beispielsweise im Sekundenrhythmus oder langsamer gepulst und außerdem mit z. B. $^1/_{10}$ Hz unterbrochen wird. Letztlich kann durch geschickte Wahl der frequenzbestimmenden Bauelemente wieder eine Art Telefonklingeln simuliert werden, selbst wenn das auslösende magnetische Wechselfeld eine ganz andere Ursache hat. Im Interesse größerer Signalamplitude wird man aber meist nicht auf eine ruhestromfreie Transistorausgangsstufe verzichten (siehe Bild 26).

Die Schaltung nach Bild 24 stellt eine etwas eigenwillige Lösung des Problems dar, einen CMOS-Eingang möglichst ohne große Übergangsverlustleistung von einem unsymmetrisch gespeisten Operationsverstärker her zu steuern. Eine wesentlich einfachere Variante zeigt Bild 25. Der Operationsverstärker wird symmetrisch gespeist, die CMOS-Schaltung hängt dagegen nur an der einen Versorgungsspannung. Erst wenn der Verstärker vom Nutzsignal ausgesteuert wird (wegen der hohen Gesamtverstärkung bis zum maximal möglichen Wert nahe der positiven bzw. negativen Betriebsspannung), führt der Ausgang entsprechend hohe, vom Massepotential verschiedene Spannung. Obere Restspannung und im Falle von Bild 25a Flußspannung der Diode begrenzen diesen Wert auf dennoch für H ausreichende Höhe, und der Generator wird zum Schwingen freigegeben. Bei z. B. 4 V sollte H mehr als 2,8 V betragen. Das schafft der *B 776* bei derart hochohmiger Belastung noch, selbst wenn die Diodenflußspannung abgezogen wird. Man kann sie aber noch nahezu »einsparen«, wenn mit der Variante nach Bild 25

gearbeitet wird. Die Spannungsteilung bringt fast den Wert der Ausgangsspannung, während die Diode die negativen Halbwellen ohne Gefahr für den Ausgang auf einen für den CMOS-Eingang ungefährlichen Wert »kappt«.

Doch zurück zu Bild 24. Von Volumen und Aufwand her ist es doch meist günstiger, mit nur einer Batterie zu arbeiten. Das heißt aber, der Operationsverstärker braucht einen Arbeitspunkt, der genügend weit von den Betriebsspannungspotentialen $U_S$ und 0 V entfernt ist. Anderenfalls kann die Innenschaltung ihren Aufgaben nicht mehr im »OPV-Sinn« gerecht werden. Es gelingt jedoch, diese Forderung mit der nach einer möglichst niedrigen L-Spannung und einem genügend hohen H-Potential bei Signal in Einklang zu bringen, wenn man sich an die Werte des Bildes hält. Im Ruhezustand liegt der nichtinvertierende Eingang auf etwa 1,4 V, wenn mit 4,5 V durchschnittlicher Arbeitsspannung gespeist wird. Auch der Ausgang führt diesen Wert, und der Gegenkopplungswiderstand zum invertierenden Eingang hin bewirkt, daß $U_{(-)} \approx U_{(+)}$. Liegen 1,4 V am Ausgang, dann werden wegen der Diode 0,9 V am Auskoppelpunkt für die CMOS-Schaltung gemessen. Das ist ein akzeptabler Wert. Trifft ein Signal ein, wird es um mehrere hundertmal verstärkt. Genaues Berechnen hat in diesem Fall keinen Sinn, weil sich die Schaltung wieder etwas am Rande des normalen OPV-Bereichs bewegt.

Die Ausgangsspannungsamplitude liefert bereits bei wenig mehr als 2 mV Eingangsspannung an den Ladekondensator etwa 2,9 V, ein für 4,5 V Betriebsspannung im ohnehin »stromziehenden« aktiven Fall völlig ausreichendes H-Potential für den CMOS-Steuereingang. (Einem Trigger-NAND wie dem *V 4093* wäre das aber noch zuwenig! Es braucht mehr als $2U_S/3$ zum Kippen.) Durch Rückführen dieser Spannung (um die Diodenflußspannung verringert) auf den nichtinvertierenden Eingang wird dort die Vorspannung beträchtlich erhöht (bis etwa 2,5 V), was der Schaltung ein gewisses Sprungverhalten verleiht.

Günstig an dieser nur 40 µA Ruhestrom beanspruchenden Eingangsstufe ist wieder der geringe Aufwand für die Spule – abhängig selbstverständlich auch vom Einsatzzweck.

Für die recht variable Gesamtschaltung nach Bild 26 – variabel sowohl im Verhalten wie im Einsatz – entstand die Leiterplatte nach Bild 27. Die Wahl der *C*-Werte für beide Generatoren entscheidet, ob daraus ein »Doppelpulser« für aktive Piezokapseln oder ein Ton-Puls-Doppelgenerator für passive Schallwandler entsteht. Eingangsseitig läßt sich statt der Spule auch ein Mikrofon zur Schallüberwachung anschließen. Im Fall der Piezokapsel läßt sich oft auch der Transistor einsparen. Aber Vorsicht – dann sind nur solche Typen geeignet, die bei 4,5 V nicht mehr als etwa 4 mA aufnehmen! Diesen Bedarf muß man im Interesse der Funktion der Schwingschaltung noch mit einem Vorwiderstand von z. B. 2,2 kΩ »halbieren«!

In Bild 26 ist der 2. Generator als Tongenerator dimensioniert, so daß jeder »konventionelle« Schallwandler angeschlossen werden kann. Abschließend sei nochmals darauf hingewiesen, daß alle diese von magnetischen Wechselfeldern beeinflußten Schaltungen sorgfältig dem konkreten Einsatzfall anzupassen sind. Anderenfalls lösen sie entweder durch in der Nähe befindliche Störfeldgeber unerwünscht aus oder sprechen umgekehrt nicht an, wenn sie sollen.

Vorsicht auch in der Nähe von Klingeltransformatoren – sie streuen erheblich! Gegen den Ortssender liegen bereits 10 nF zwischen den Eingängen – bei Bedarf vergrößern! Eventuell auch dem Gegenkopplungswiderstand einen kleinen Keramikkondensator parallellegen – er darf aber für die (tiefen) Frequenzen der »Signalfelder« noch keine wesentliche Gegenkopplung darstellen. Rechnerisch: $2\pi fC$ muß sehr viel kleiner als der Kehrwert des Gegenkopplungswiderstands (in Bild 24 bzw. Bild 26: 680 kΩ) bleiben!

Bezüglich des Telefoneinsatzes wird es sich nicht vermeiden lassen, daß man sich von einem Partner eine Weile »anklingeln« läßt, bis die günstigste Stelle gefunden und die erforderliche Verstärkung dafür eingestellt ist.

### 6.4. Nostalgie mit Chip

Was der Hörkapsel recht ist, kann auch dem Kohlemikrofon billig sein. So läßt sich beides noch einem nützlichen Verwendungszweck zuführen. Bild 28 zeigt eine brauchbare Lösung. Diese Kombination von Altem und Neuem entspricht der Grundhaltung, Vorhandenes immer wieder neu zu nutzen.

Eine Kohlemikrofonkapsel aus einem ausrangierten Telefon beansprucht zwar einen Querstrom in der Schaltung, der sie als Bestandteil einer Langzeitbatterielösung ausscheiden läßt. Man kann aber doch



auf so kleine Werte kommen, daß sich durchaus mehrstündiger Betrieb aus einer Batterie akzeptieren läßt. Das Beispiel nach Bild 28 nimmt bei 4 V nur etwa 1 mA Ruhestrom auf; im Signalfall steigt der Strom dank einer geeigneten aktiven Piezokapsel auf den immer noch günstigen Wert von etwa 4 mA.

Die Schaltung hat keine allzu großen Freiheitsgrade in ihrer Dimensionierung. Versuche zeigten, daß die optimale Empfangslage für die Kohlekapsel bei waagerechter Plazierung unter dem Tischapparat gegeben ist. Dann nimmt die Kapsel am besten auf, und die Schallquelle befindet sich über ihr. So klein die aktive Schaltung auch aufgebaut werden kann, es empfiehlt sich insgesamt doch ein flaches Gehäuse in den Bodenplattenmaßen des Tischapparats. Die Bauhöhe wird vor allem durch das Kohlemikrofon bestimmt. Bild 29 skizziert eine solche Anordnung. Statt der angedeuteten Batterie kann auch extern von einem (Klingel-)Transformatornetzteil gespeist werden. So wird diese Variante zur Dauerlösung, die sehr vielseitig genutzt werden kann, wie sich noch zeigen wird.

Bei der Installierung ist folgendes zu bedenken. Auf einen Pfiff reagiert die Schaltung sehr empfindlich. Dennoch hat es die als lauter empfundene Telefonklingel schwer, das Signal auszulösen, wenn nicht nach Bild 29 verfahren wird. Damit schirmt man gleichzeitig gegen unerwünschten Fremdschall ab. Daß beim Selbstwählen u. U. ebenfalls ausgelöst wird, läßt sich bei Bedarf unterdrücken, indem man z. B. solange den Verstärker abschaltet. Der Schalter sollte dann jedoch im Blickfeld liegen.

Für die Möglichkeit einer Dauerspeisung aus einem Netzteil spricht der große zulässige Betriebsspannungsbereich. Lediglich die Grundvorspannung am nichtinvertierenden Eingang sollte dementsprechend eingestellt werden. Um 1 V liegt der günstigste Arbeitspunkt: Weniger stellt auf Grund der inneren Schaltung des *B 761* die einwandfreie Funktion in Frage, Mehr macht das Gerät unnötig unempfindlich. Gleichzeitig ist auf diese Weise aber auch ein Schwellwert gegeben, unterhalb dessen Fremdsignale wirkungslos bleiben. Die relativ große Signalamplitude überwindet diese Schwelle, wenn im beschriebenen Sinn akustisch an das Läutewerk des Tischapparats angekoppelt wird. Die kleinen Kondensatorwerte der Gleichrichterschaltung stellen eine Zeitkonstante sicher, die klein genug gegen die Läutezeit ist. Schon bei z. B. 10 µF war beim Muster nicht mehr gewährleistet, daß innerhalb der Dauer eines Klingelzeichens der $U_{(-)}$-Wert den $U_{(+)}$-Wert überschreitet – die Voraussetzung dafür, daß der Ausgang des *B 761* auf Durchgang schaltet (Komparatorbetrieb).

Der geringe Gesamtaufwand für das Grundgerät legt den Gedanken an Erweiterungen nahe. Neben der Hauptanwendung, für die eine dünne, flexible Leitung mit der Piezokapsel am Ende in den jeweils benutzten Raum mitgeführt wird, sind u. a. denkbar:

- Relais mit $I < 70$ mA (parallele Diode mit Katode an Plus zum Schutz gegen induktive Spannungsspitzen nicht vergessen!) zum Schalten einer größeren Zweitklingel oder zum Auslösen von Lichtsignalen;
- Ankoppeln eines Zählwerks über Hilfstransistor bei $I_{zähl} < 70$ mA, um z. B. Anrufversuche zu registrieren, die in Abwesenheit getätigt worden sind (dabei ist eine hinter dem Operationsverstärker eingefügte längere Zeitkonstante sinnvoll, so daß nur jeweils einmal gezählt wird. »Erholzeit« z. B. 5 Minuten);
- Auslösen von Schaltvorgängen, was jedoch nur innerhalb von Haustelefonanlagen zulässig ist;
- Einschalten einer Beleuchtung am Telefon, z. B. für nächtliche Anrufe, ebenfalls mit entsprechender Zeitkonstante;
- sofern ein Optokoppler in den Ausgangskreis des *B 761* gelegt wird, kann man auf diese Weise eine netzbetriebene Lampe starten (auch zeitbegrenzt).

## 7. *typofix* und einige Hinweise

In den Zeichnungen zu diesem Bauplan wurde für alle Halbleiterbauelemente die Bezeichnung V gewählt, ohne zusätzliche Unterscheidung durch D bzw. T. Bei den Leuchtdioden wurden dagegen ausnahmsweise keine umschließenden Kreise eingezeichnet. Die Pfeile, die das emittierte Licht andeuten, kennzeichnen aber auch diese Bauelemente eindeutig.

Bei den nur zu Schalt- oder »Klemm«-Zwecken eingesetzten Dioden herrscht in diesem Bauplan die axiale Bauform vor (Bauform 3). Sie wird nicht auf alle Typen angewendet, so daß statt der sonst gewohnten *SAY 30* meist die *SAY 20* angegeben worden ist. Jedoch stehen Dioden mit parallel heraus-

geführten langen Anschlüssen zur Verfügung, die sich bei entsprechendem Biegen statt der axialen einsetzen lassen.

In die Angaben zu den Außenanschlüssen wurden sogenannte Lötnägel aufgenommen. Man benutzt sie auch zusammen mit passenden Gegenstücken als Steckverbinder.

Bei den CMOS-Generatorschaltungen wurde teilweise auf Entwicklungen zurückgegriffen, für die damals nur ungepufferte Typen zur Verfügung standen. Sie sind gegenüber längeren Übergangszeiten, wie sie gerade bei NF-Generatoren auftreten, sehr tolerant. Ungepufferte NOR-Gatter, z. B. aus der Reihe *K 176*, erhält man oft noch. Für Generatoren im NF-Bereich, die mit den verfügbaren gepufferten NAND der Reihe *V 4000* bestückt werden sollen, wird dagegen der *V 4093* empfohlen.

Wie stets, so erhält man auch dieses Mal in einigen repräsentativen Fachfilialen vor allem des *RFT-Industrievertriebs* parallel zum Bauplan die *typofix*-Folie mit den ätzfesten Leiterbildern, z. B. in Berlin und Erfurt.

**Tabelle 1 Lichtempfindliche Bauelemente für den Hausgebrauch**

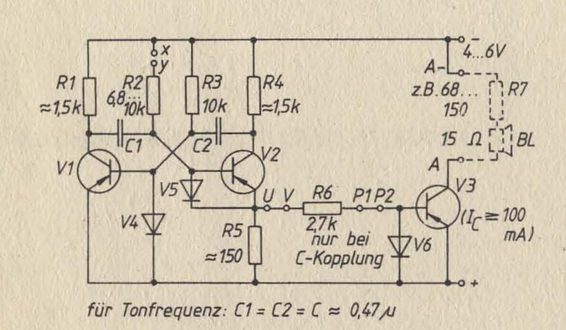
| Typ | Wirkung | Bemerkungen |
|---|---|---|
| Selenfotoelement | als Element: $U_l$ 0,5 V, etwa 30 µA in 10 kΩ bei 500 lx<br>als Widerstand: Steigung der Kennlinie etwa 30 µA/V bei 10 000 lx | Bereich 360 bis 700 nm, Grenzfrequenz wenige hundert Hertz, $R_-$ um 10 kΩ bei 10 000 lx |
| Fototransistor | Kollektorstrom bei Lichteinfall; 1 bis 10 mA bei 1000 lx | maximale Empfindlichkeit bei etwa 780 nm, Schaltzeiten im Mikrosekundenbereich |
| Fotodiode | lichtabhängiger Sperrstrom einige zehn Mikroampere bei 1000 lx | maximale Empfindlichkeit im Infraroten, hohe Grenzfrequenz |
| Fotowiderstand | Dunkelwiderstand im Megaohmbereich, Hellwiderstand typabhängig bis einige hundert Ohm bei 1000 lx | niedrige Grenzfrequenz (unter 1 kHz je nach Typ), maximale Empfindlichkeit ähnlich Auge |

**Tabelle 2 Wärmeempfindliche Bauelemente für den Hausgebrauch**

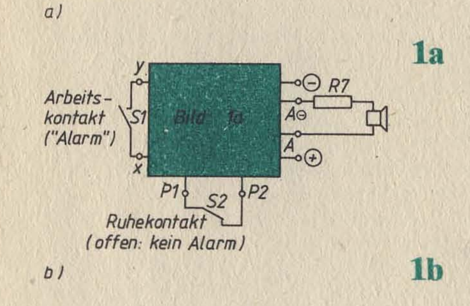
| Typ | Wirkung | Bemerkungen |
|---|---|---|
| Leiter (z. B. Kupfer) | *R*-Zunahme etwa linear (0,393 %/K) | positiver TK, Isolation begrenzt Temperaturbereich |
| Thermoelement (z. B. Kupfer/Konstantan) | Thermospannung etwa linear temperaturabhängig, etwa 40 µV/K | für große Temperaturbereiche, durch Isolation begrenzt |
| pn-Übergang | Spannung sinkt etwa linear mit Temperaturanstieg um 2 bis 3 mV/K; Grundwert etwa 0,6 V bei Zimmertemperatur | TK negativ, $R_i$ klein, nötiger Flußstrom unter 1 mA, obere Temperaturgrenze etwa 125 °C |
| Heißleiter (polykristallin) | *R*-Änderung exponentiell, im Zimmertemperaturbereich 1 bis 5 %/K, Wertbereich Ohm bis Megaohm (20 °C) | TK negativ, Grenzbelastung ohne Eigenerwärmung klein, Einsatzbereich etwa −20 bis 150 °C |
| temperaturabhängige integrierte Stromquelle | Stromänderung 1 µA/K, Grundwert 273 µA bei 0 °C | TK positiv, ab 4 V Eigenspannung betriebsfähig, Bereich −55 bis 125 °C |

**Tabelle 3 Signalausgabe-Bauelemente für Schall und Licht**

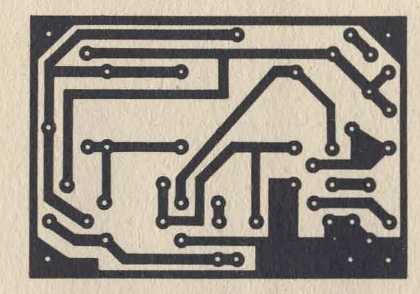
| Typ | nötige Betriebsleistung | Bemerkungen |
|---|---|---|
| Lautsprecher | 5 bis 10 mW bei kleinen, schmalbandigen Typen, bei größeren mehr | 4 bis 15 Ω, durch Übertrager ggf. anzupassen |
| Hörkapsel | unter 5 mW im Eigenresonanzbereich | etwa 50 bis 2000 Ω (8-Ω-Typen sind ungünstig) |
| Piezosummer mit eingebautem Generator | ab 1 mW (Resonanz!) | typabhängig schon ab 1 V betreibbar, etwa 1 mA/V |
| Glühlampe | Typenleistung ab einigen Milliwatt (Spezialtypen), normal um 300 mW | *U*-Bereich ab 1,5 V, hohen Kaltstromstoß beachten (bis 10 × $I_{nenn}$!) |
| Leuchtdiode | typabhängig schon unter 10 mW gut erkennbar, Grenzleistung etwa 100 mW | $U_F$ zwischen 1,5 und 2,5 V je nach Typ; Vorwiderstand erforderlich, Sperrspannung 5 V (Richtwert); in mehreren Farben erhältlich |




1a




1b



2a

V2 V1 V3

P1 A P2 Brücke bzw. Taster A(-) X Y

50

b)

2b

**Bild 1**
Noch immer brauchbar: »klassischer« Transistormultivibrator, erweitert um Endstufe, Schutzdioden für höhere Betriebsspannung gegen negative Kondensatorladung, mit Steuermöglichkeit bei kleinem Ruhestrom; geeignet für Ton- oder Blinksignale, je nach Kapazität; a – Stromlaufplan, b – Einsatzschaltung

**Stückliste zu Bild 1a/Bild 2**
**Steuerbarer Transistormultivibrator mit Endstufe**

**Widerstände**
*R*1 1,5 kΩ 1/8 W
*R*2 6,8...10 kΩ 1/8 W
*R*3 10 kΩ 1/8 W
*R*4 1,5 kΩ 1/8 W
*R*5 150 Ω 1/8 W
*R*6 2,7 kΩ 1/8 W
*R*7 68...150 Ω (extern)

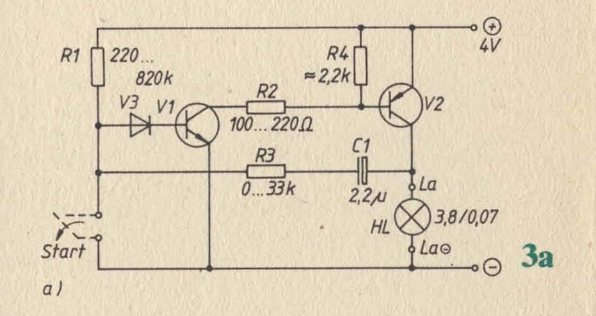
**Kondensatoren**
*C*1 0,47 µF 10...16 V Elektrolytkondensator (für Tonfrequenz)
*C*2 0,47 µF 10...16 V Elektrolytkondensator (für Tonfrequenz)

**Halbleiterbauelemente**
V1 pnp-Transistor, z. B. *SC 307*
V2 pnp-Transistor, z. B. *SC 307*
V3 pnp-Transistor, z. B. *SF 116*
V4 Silizium-Planardiode *SAY 20* o. ä.
V5 Silizium-Planardiode *SAY 20* o. ä.
V6 Silizium-Planardiode *SAY 20* o. ä.

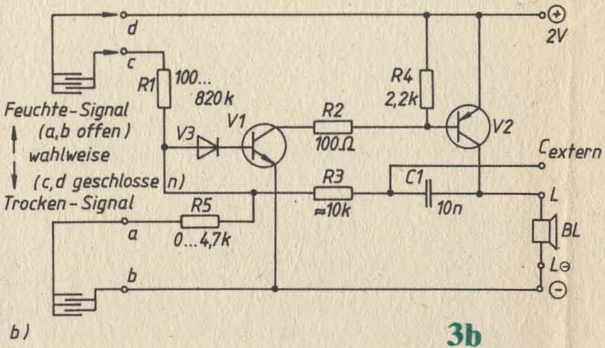
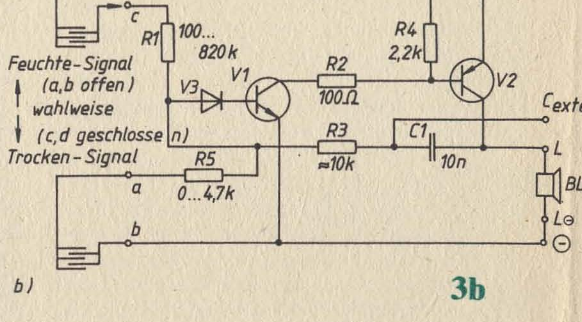
**Sonstiges**
BL Lautsprecher 15 Ω (extern)
10 Stecklötösen oder Lötnägel
Leiterplatte nach Bild 2

**2a**

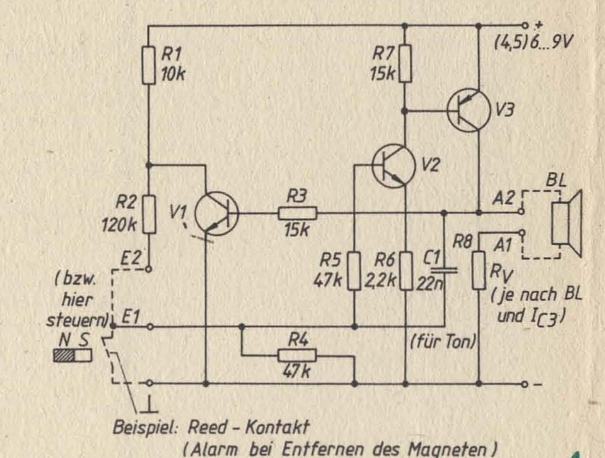





**3a**


**3b**

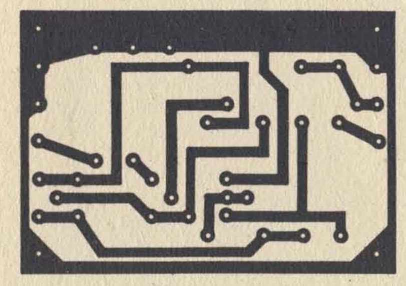



**4**

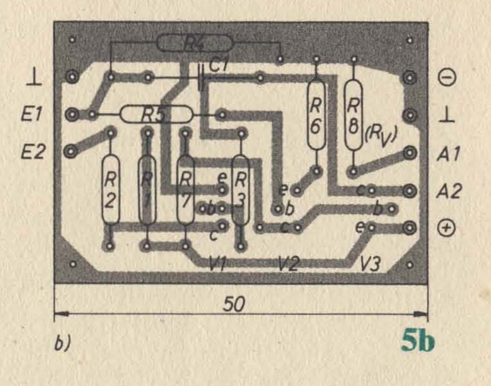
**Bild 2**
Leiterplatte zu Bild 1; a – Leiterbild, b – Bestückungsplan

**Bild 3**
»Klassische« Komplementär-Multivibratoren, steuerbar;
a – mit blinkender Lampe (Eingang offen), b – mit Signalton (Dauerton mit 1 × *RZP2* als 2-V-Quelle bis zu einigen Tagen!)

**Bild 4**
3. Transistor macht Komplementär-Multivibrator toleranzunempfindlich. Einsatzbeispiel: Magnet hält Reed-Kontakt geschlossen, Alarm bei Entfernen des Magneten




**5a**




**5b**

**Bild 5**
Leiterplatte zu Bild 4; a – Leiterbild, b – Bestückungsplan

**Bild 6**
Für alle Logiksysteme geeigneter Multivibrator, *R* je nach System: 220 Ω bei TTL, bis 1,5 kΩ bei LS-TTL, nahezu unbeschränkt (bis Megaohmbereich) bei CMOS. Dort begrenzt $R_v$ (bis etwa 10·*R* groß) den in negativer Richtung fließenden Strom durch die Schutzbeschaltung

**Bild 7**
3-Gatter-Generator; *f* ist bereits bei TTL mit *R* in gewissen Grenzen variierbar: 330 Ω bis 1,8 kΩ bei TTL, bis 4fach bei LS-TTL, mehr als 100fach bei CMOS

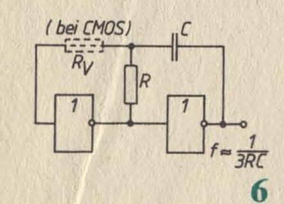
**Stückliste zu Bild 4/Bild 5**
**Komplementär-Transistormultivibrator**

**Widerstände**
*R*1 10 kΩ 1/8 W
*R*2 120 kΩ 1/8 W
*R*3 15 kΩ 1/8 W
*R*4 47 kΩ 1/8 W
*R*5 47 kΩ 1/8 W
*R*6 2,2 kΩ 1/8 W
*R*7 15 kΩ 1/8 W
*R*8 0...100 Ω je nach BL

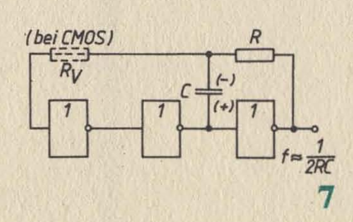
**Kondensatoren**
*C*1 22 nF Styroflexkondensator

**Halbleiterbauelemente**
V1 npn-Transistor, z. B. *SC 236* o. ä.
V2 npn-Transistor, z. B. *SC 236* o. ä.
V3 pnp-Transistor, z. B. *SF 116* o. ä.

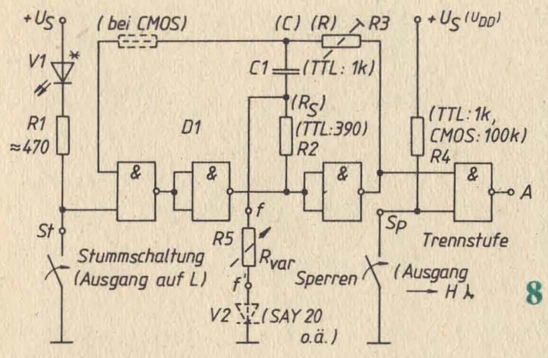
**Sonstiges**
BL Lautsprecher 15 Ω (extern)
8 Stecklötösen oder Lötnägel
Leiterplatte nach Bild 5




**6**



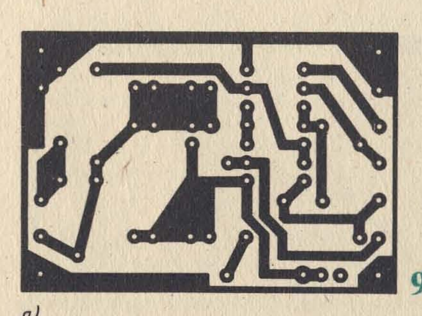

**7**




8

**Bild 8**
Mit $R_{var}$ kann schon bei TTL die Frequenz in dieser Schaltung um 2 Oktaven geändert werden. Werte für andere Logiksysteme sinngemäß

**Bild 9**
Leiterplatte zu Bild 8 für TTL und LS-TTL mit Stummschaltung und Bereitschaftsanzeige sowie wahlweise einsetzbaren Stellwiderständen; a – Leiterbild, b – Bestückungsplan



a)

9a

C1 für unterschiedliche Frequenzen

(RVar extern) f, f', V2, (⊥), R5, C1, R1, V1, R3, R4, R2, D1, Stumm-schaltung, ⊕, Sperren, A, ⊖, 50

)* wahlweise Steller
)** wahlweise RVar intern

b)

9b

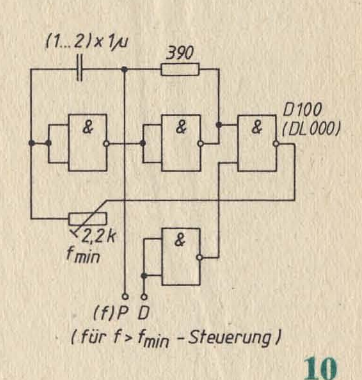
**Stückliste zu Bild 8/Bild 9**
**TTL-Multivibrator mit großem Frequenzsteuerbereich**

**Widerstände**
*R*1 470 Ω 1/8 W
*R*2 390 Ω 1/8 W (TTL) bzw. 1,5 kΩ (LS-TTL)
*R*3 1 kΩ 1/8 W (TTL) bzw. 3,9 kΩ (LS-TTL) oder einstellbar
*R*4 1 kΩ 1/8 W (TTL) bzw. 3,9 kΩ (LS-TTL)
*R*5 10 kΩ Stellpotentiometer 1/20 W, liegend (nur bei Frequenzeinstellung auf der Leiterplatte)

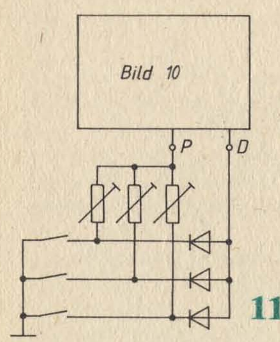
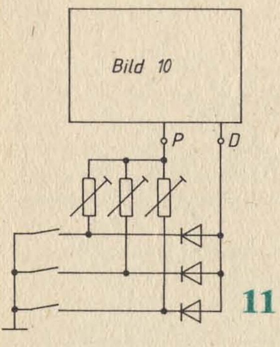
**Kondensatoren**
*C*1 je nach gewünschter Frequenz

**Halbleiterbauelemente**
V1 Miniatur-Leuchtdiode *VQA 15* o. ä. (intern) oder Leuchtdiode *VQA 13* o. ä. (extern)
V2 Silizium-Planardiode *SAY 20* o. ä.
D1 TTL-Schaltkreis *D 100* oder LS-TTL-Schaltkreis *DL 000*

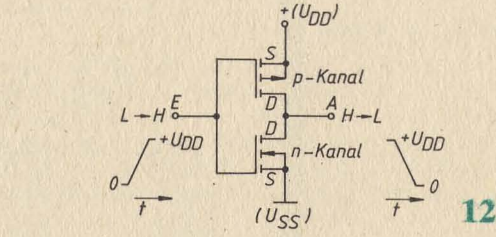
**Sonstiges**
10 Stecklötösen oder Lötnägel
Leiterplatte nach Bild 9




10


11




12

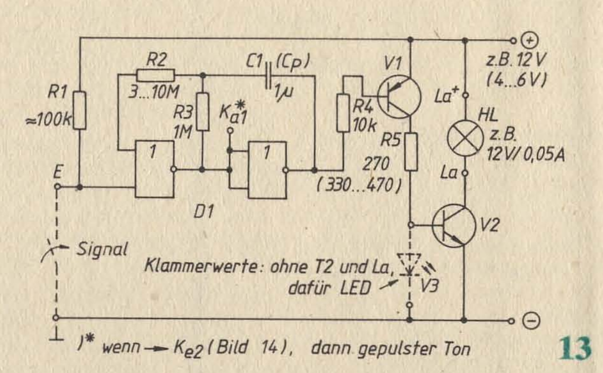
**Bild 10**
Extern steuerbarer TTL-Generator

**Bild 11**
Einsatzbeispiel für Bild 10: Überwachen von 3 Orten; Alarm durch 3 unterschiedliche Töne

**Bild 12**
Einfachste CMOS-Inverter-Konfiguration. Bis auf einen Übergangsbereich der Eingangsspannung zwischen L und H ist stets ein Transistor gesperrt

**Bild 13**
Einsatzfall für praktisch ruhestromfreies CMOS-NOR-Gatter (Unterschied zu NAND: H am Eingang sperrt den Generator). Lampe blinkt bei geschlossenem Kontakt, nur dabei nimmt auch der 100-kΩ-Widerstand Strom auf. Ausgangsleistung je nach Transistor und Lampe, Kleinleistungsvariante: Leuchtdiode (T2 lies V2)

**Bild 14**
CMOS-NOR-Gatter mit Tonsignal, ebenfalls praktisch ruhestromfrei; a – einfacher steuerbarer Tongenerator, b – Kombination mit Pulsgenerator




13

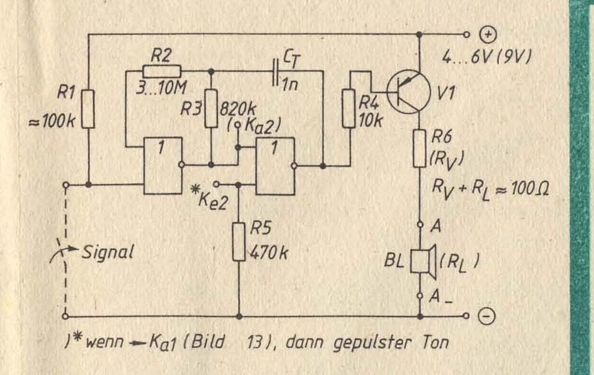
**Stückliste zu Bild 13/Bild 15**
**CMOS-Generator mit Blinksignal**

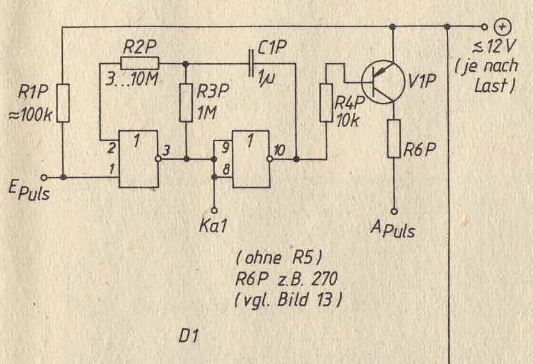
**Widerstände**
*R*1 100 kΩ 1/8 W
*R*2 3 MΩ 1/8 W ... 10 MΩ 1/8 W
*R*3 1 MΩ 1/8 W
*R*4 10 kΩ 1/8 W
*R*5 270 Ω 1/8 W (bei Leuchtdiode 330...470 Ω 1/8 W)

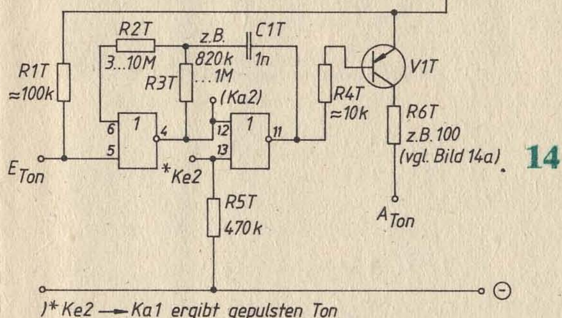
**Kondensatoren**
*C*1 1 μF MKT- oder MKL-Kondensator

**Halbleiterbauelemente**
V1 pnp-Transistor, z. B. *SC 307* o. ä.
V2 npn-Transistor, z. B. *SF 126* o. ä.
V3 Leuchtdiode *VQA 13* o. ä.
D1 CMOS-Schaltkreis *4001* (nur zur Hälfte benutzt) (ungepufferter Äquivalenztyp z. B. aus der Reihe *K 176*)

**Sonstiges**
HL Kleinglühlampe 12/0,05 (extern)
7 Stecklötösen oder Lötnägel
Leiterplatte nach Bild 15

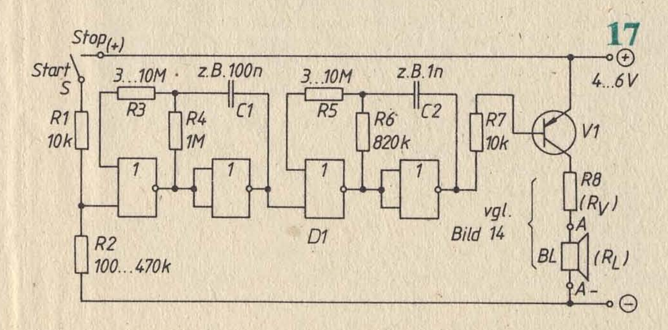



14

17




**Stückliste zu Bild 14/Bild 16**
**CMOS-Generator mit Tonsignal (T) bzw. kombiniert mit Pulsgenerator (P)**

**Widerstände**
*R*1 100 kΩ 1/8 W
*R*2 3 MΩ 1/8 W ... 10 MΩ 1/8 W
*R*3 820 kΩ 1/8 W (1 MΩ)
*R*4 10 kΩ 1/8 W
*R*5 470 kΩ 1/8 W (entfällt bei »P«)
*R*6 100 Ω 1/8 W (Richtwert je nach BL)

**Kondensatoren**
*C*1 680 pF Styroflexkondensator (T); 1 µF (P)

**Halbleiterbauelemente**
V1 pnp-Transistor, z. B. *SC 307* o. ä.
D1 CMOS-Schaltkreis *4001*
(siehe Bemerkung bei Bild 13/15)

**Sonstiges**
BL Lautsprecher 8...15 Ω (extern)
12 Stecklötösen oder Lötnägel
Leiterplatte nach Bild 16

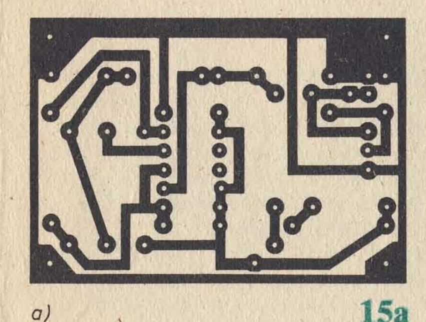
**Bemerkung**
Wird nur »T« bestückt, dennoch R1P einbauen!

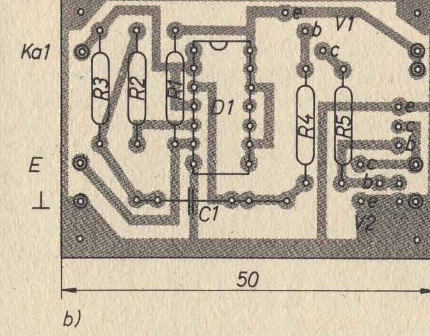
**Bild 15**
Leiterplatte zu Bild 13; a – Leiterbild, b – Bestückungsplan (unbenutzte Schaltkreishälfte eingangsseitig an Plus, sonst hohe Ruheströme möglich), Leistungstransistor wahlweise 0,5- oder 3-A-Typ

**Bild 16**
Leiterplatte zu Bild 14; a – Leiterbild, b – Bestückungsplan für 2 Generatoren, auch kombinierbar in Ton und Blinken gemäß Bild 13. Über den freien Gattereingang im Tongenerator kann der Ton vom Blinkgenerator aus auch gepulst werden

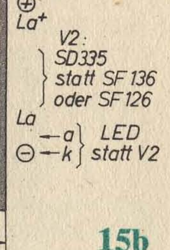
**Bild 17**
Dieser praktisch ruhestromfreie gepulste Tongenerator schwingt, wenn S geöffnet wird

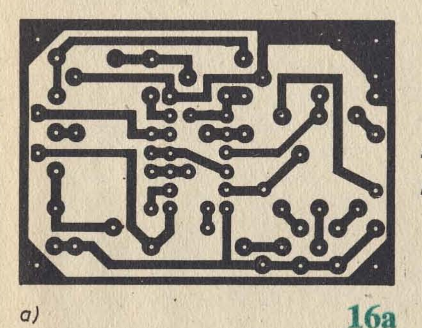
**Bild 18**
Leiterplatte zu Bild 17; a – Leiterbild, b – Bestückungsplan

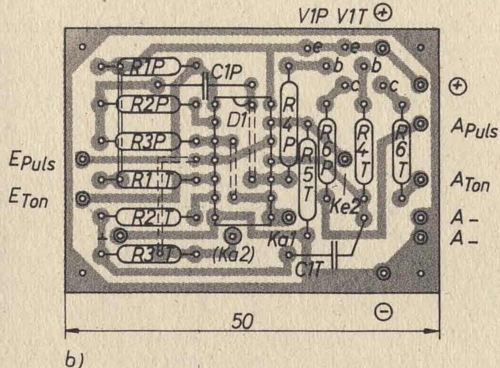

a)
15a



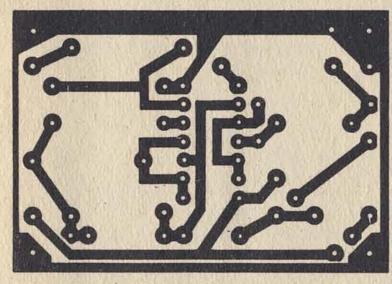
b)
15b

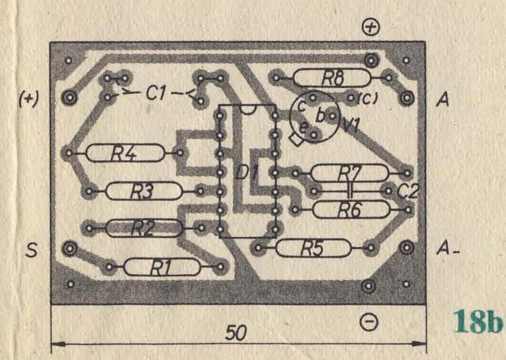




a)
16a



b)
16b


a)
18a



b)
18b

**Stückliste zu Bild 17/Bild 18**
**Gepulster Tongenerator ohne Ruhestrom**

**Widerstände**
*R*1 10 kΩ 1/8 W
*R*2 100...470 kΩ 1/8 W
*R*3 3...10 MΩ 1/8 W
*R*4 1 MΩ 1/8 W
*R*5 3...10 MΩ 1/8 W
*R*6 820 kΩ 1/8 W
*R*7 10 kΩ 1/8 W
*R*8 100 Ω (Richtwert je nach BL)

**Kondensatoren**
*C*1 680 pF Styroflexkondensator
*C*2 1 nF Styroflexkondensator

**Halbleiterbauelemente**
V1 pnp-Transistor, z. B. *SC 307* o. ä.
D1 CMOS-Schaltkreis *4001*
(siehe Bemerkung bei Bild 13/15)

**Sonstiges**
BL Lautsprecher 8...15 Ω (extern)
6 Stecklötösen oder Lötnägel
Leiterplatte nach Bild 18

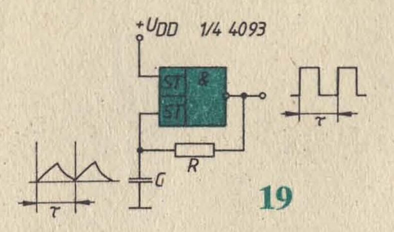
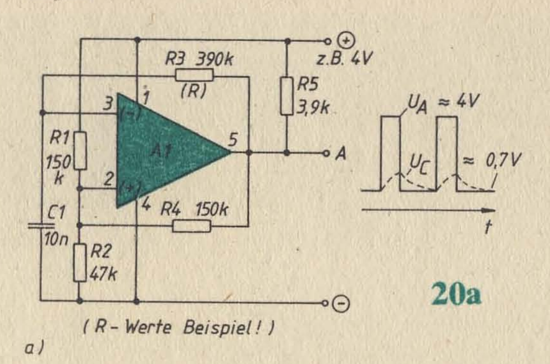
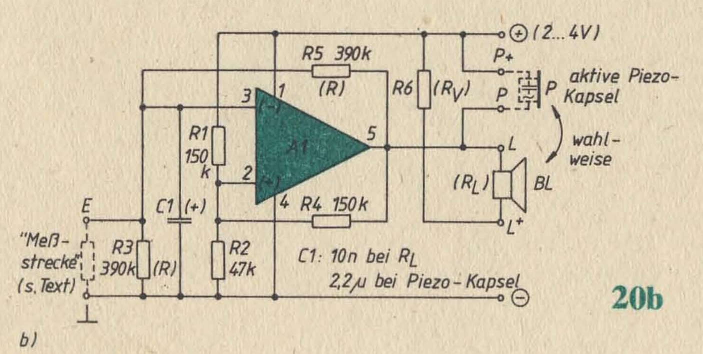
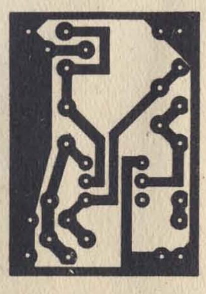



**Bild 19**
Der *4093* erlaubt den Aufbau von 4 solchen Generatoren in einem weiten Frequenzbereich

**Bild 20**
Tongenerator mit Operationsverstärker; a – Prinzip mit symmetrischer Speisung, b – Ausführung mit unsymmetrischer Speisung, Anwendungsbeispiel: Bei E kann Überwachungsstrecke angeschlossen werden. Generator schwingt, wenn deren Widerstand zu groß wird. Mit aktiver Piezokapsel ist auch gepulster Ton möglich



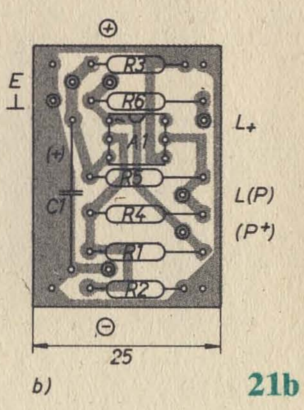




**Bild 21**
Leiterplatte zu Bild 20b; a – Leiterbild, b – Bestückungsplan

**Bild 22**
Ruhestromarme Zweitklingel in »diskreter« Technik mit Schwellverhalten. Gestrichelt Mithörzusatz: Telefonhörer auf den als Mikrofon benutzten Lautsprecher legen

**Bild 23**
Telefonzweitklingel mit Magnetfeldsteuerung; Ruhestrom unter 100 µA, wahlweise mit Batteriekontrolle

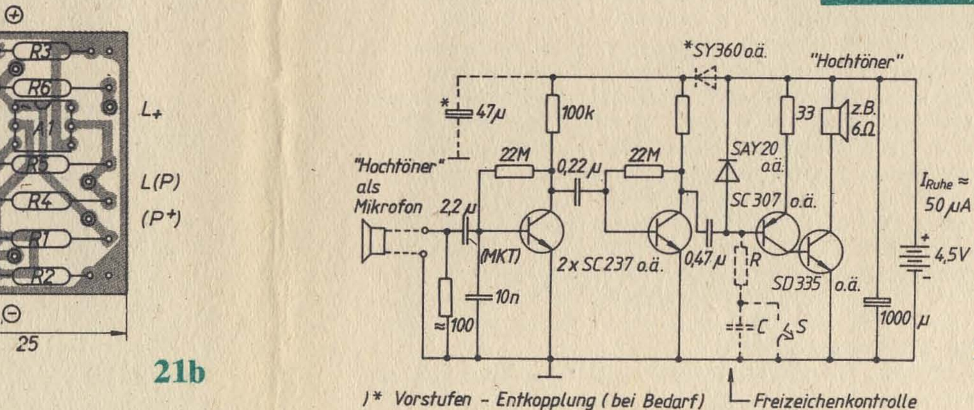
**Stückliste zu Bild 20b/Bild 21**
**Tongenerator mit Operationsverstärker**

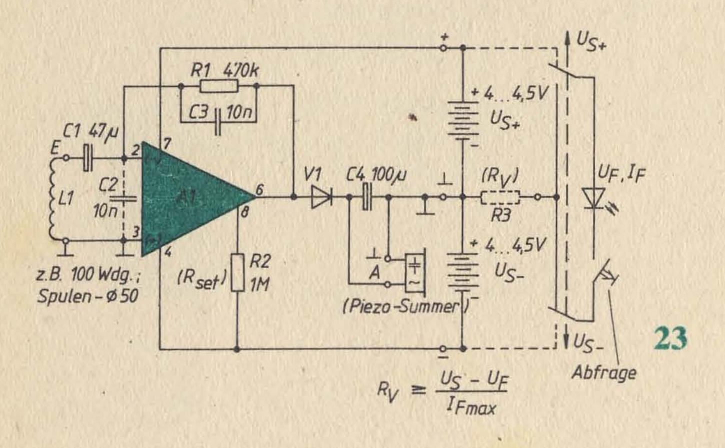
**Widerstände**
*R*1 150 kΩ 1/8 W
*R*2 47 kΩ 1/8 W
*R*3 390 kΩ 1/8 W
*R*4 150 kΩ 1/8 W
*R*5 390 kΩ 1/8 W
*R*6 100 Ω 1/8 W (Richtwert)

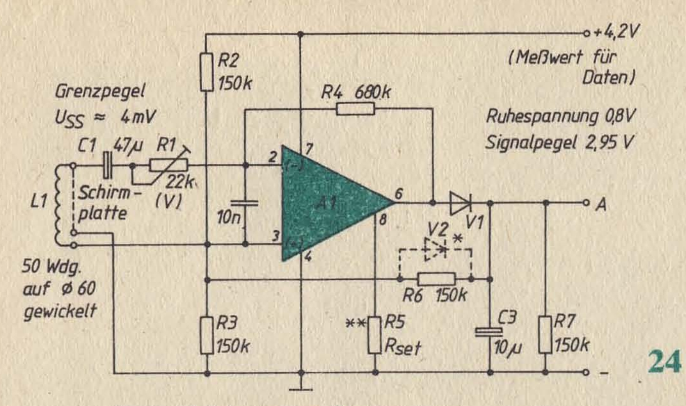
**Kondensatoren**
*C*1 10 nF Styroflexkondensator (mit Lautsprecher)
2,2 µF MKT- oder MKL-Kondensator (mit aktivem Piezosummer)

**Halbleiterbauelemente**
A1 Open-Collector-Operationsverstärker *B 761 D* o. ä.

**Sonstiges**
BL Lautsprecher 8...15 Ω (extern) oder
P aktiver Piezosummer (extern)
7 Stecklötösen oder Lötnägel
Leiterplatte nach Bild 21






)* senkt Ruhepegel am Ausgang

)** Ruhestrom 70µA (Signal: 90µA) mit $R_{set}$ = 680k
Ruhestrom 40µA (Signal: 60µA) mit $R_{set}$ = 2M

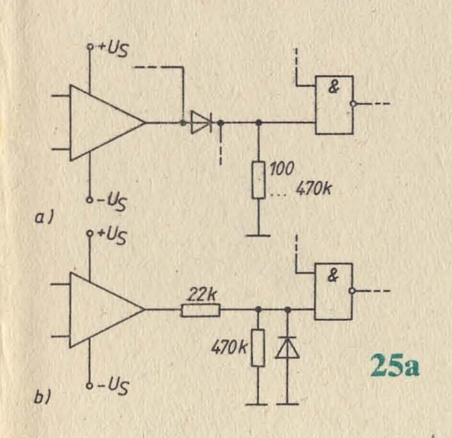



**Bild 24**
Magnetfeldgesteuerte Eingangsschaltung für einen CMOS-Generator, unsymmetrische Betriebsspannung, Bemerkung in Bild 26 beachten!

**Bild 25**
2 Möglichkeiten für das Ankoppeln eines an 4 bis 6 V gegen Masse betriebenen CMOS-Generators an eine OPV-Eingangsstufe ähnlich Bild 24, jedoch mit symmetrischer Speisung; a – mit Koppeldiode, b – mit Koppelwiderstand

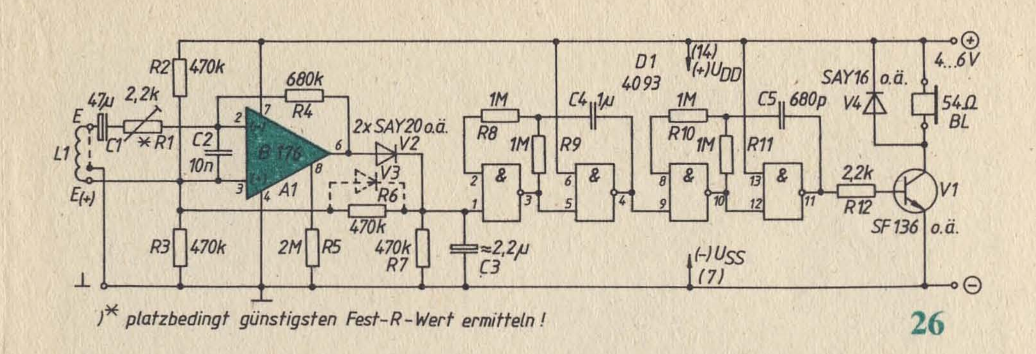
**Stückliste zu Bild 26/Bild 27**
**Magnetfeldgesteuerte Telefonzweitklingel mit getaktetem Signal**

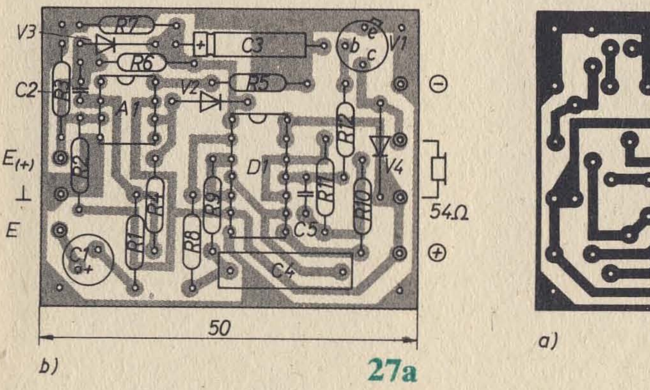
**Widerstände**
*R*1 2,2 kΩ 1/8 W (Richtwert, kleiner für höhere Verstärkung)
*R*2 470 kΩ 1/8 W
*R*3 470 kΩ 1/8 W
*R*4 680 kΩ 1/8 W
*R*5 2 MΩ 1/8 W
*R*6 470 kΩ 1/8 W
*R*7 470 kΩ 1/8 W
*R*8 1 MΩ 1/8 W
*R*9 1 MΩ 1/8 W
*R*10 1 MΩ 1/8 W
*R*11 1 MΩ 1/8 W
*R*12 2,2 kΩ 1/8 W

**Kondensatoren**
*C*1 47 µF 10…16 V Elektrolytkondensator, stehend
*C*2 10 nF Keramik-Scheibenkondensator
*C*3 2,2 µF 10…16 V Elektrolytkondensator, liegend
*C*4 1 µF MKT- oder MKL-Kondensator
*C*5 680 pF Keramik-Scheibenkondensator

**Halbleiterbauelemente**
V1 npn-Transistor, z. B. *SF 136*, *SF 126* o. ä.
V2 Silizium-Planardiode *SAY 20* o. ä.
V3 Silizium-Planardiode *SAY 20* o. ä.
V4 Silizium-Planardiode *SAY 16* o. ä.
A1 Mikroleistungs-Operationsverstärker *B 176 D*
D1 CMOS-Schaltkreis *V 4093*

**Sonstiges**
BH Hörkapsel 54 Ω (extern)
L1 Aufnehmerspule (siehe Text)
7 Stecklötösen oder Lötnägel
Leiterplatte nach Bild 27



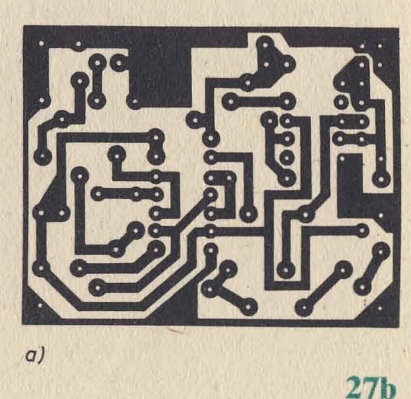
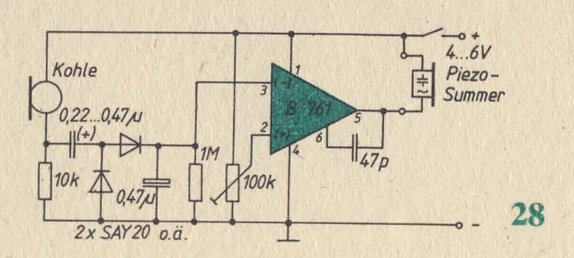



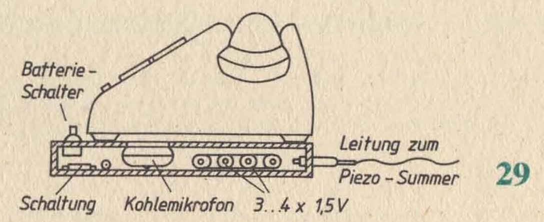

**Bild 26**
Magnetfeldgesteuerte Telefonzweitklingel mit getaktetem CMOS-Tongenerator, vollständig

**Bild 27**
Leiterplatte zu Bild 26; a – Leiterbild, b – Bestückungsplan

**Bild 28**
Kohlemikrofon als Sensor für Telefonklingeln; Verstärker am Tischapparat gemäß Bild 29, Piezokapsel am Leitungsende. Ruhestom etwa 1,5 mA, bei Signal bis 5 mA, daher Schalter oder Netzteil vorsehen

**Bild 29**
Optimale Lage der Einrichtung nach Bild 28



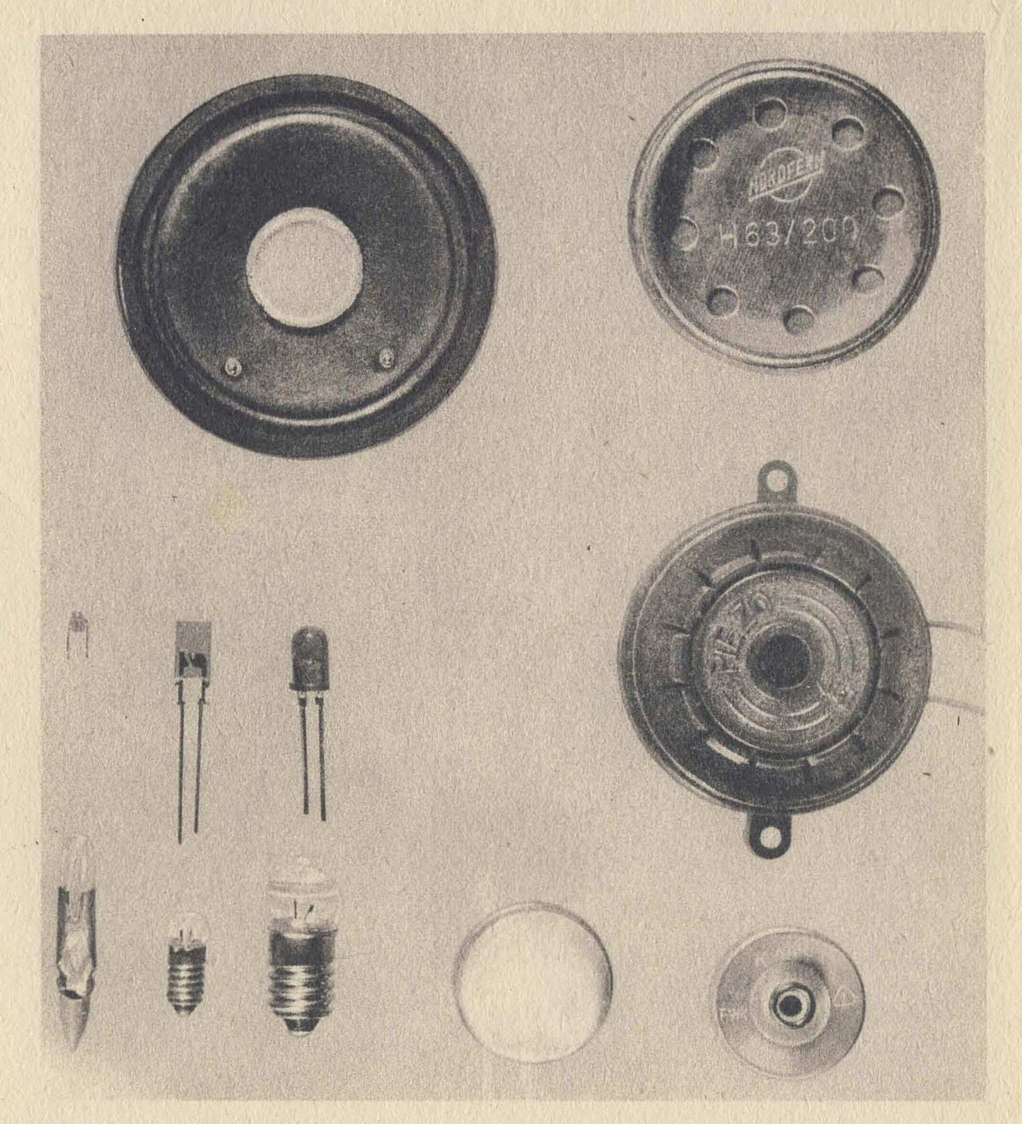



**Bild 30**
Typische Bauelemente für die
Signalausgabe in Licht und Schall






**Bild 31**
Versuchsmuster zu Bild 22

# Und das bringt der nächste Bauplan

Sichern, Bewahren und Erhalten sind wichtige Aufgaben im gesellschaftlichen wie im persönlichen Bereich. Es geht dabei sowohl um den Schutz von Leben wie um ökonomische Probleme, aber auch (bisweilen) um das Sichern oder Vorbeugen vor unbefugtem Zu- oder Eingriff. Diese Problematik stellt sich Arbeitskollektiven ebenso wie dem einzelnen »nach Dienstschluß«. Daß Kontrolle besser ist als bloßes Vertrauen (darauf, daß nichts geschehen würde...), hat sich oft erwiesen. So kann auch auf diesem Gebiet der geübte Bauplanleser nützlich werden – wiederum »rund um die Uhr«, zu Hause wie im Arbeitsbereich. Mikroelektronik macht es leicht.

Für das Sichern von Gebäuden und anderen größeren Objekten gibt es eine Reihe von Industrieprodukten. Auch für persönlichen Einsatz kann man sie erwerben. Sie bieten abgeschlossene Fertiglösungen, sind relativ einfach zu installieren und entsprechen sowohl den klimatischen Einsatzbedingungen wie den nötigen Auflagen bezüglich Lärmbelästigung u. ä.

Bauplan 64 wird mehr »nach innen« gehen, dorthin, wo kein Regenguß den Schallwandler außer Betrieb setzen kann und wo kein Alarmsignal die nicht betroffene Umwelt zu belasten vermag. Auch stellt die rein akustische Signalisierung nur eine der Varianten dar – im Gebäudeinnern zum Warnen, in besonderen Fällen zum Abschrecken vorgesehen. Darüber hinaus wirkt sie jedoch auch hier (und in jeder der vielen unterschiedlichen Anwendungen) als Informationsmittel für die »vor Ort« mit dem Eingreifen Beauftragten.

Der vorliegende Bauplan 63 gibt einen Überblick über die große Anzahl von Möglichkeiten für den signalerzeugenden »Kern« solcher Systeme. In Bauplan 64 wird nun – mit ihnen oder mit ähnlichen Schaltungen – beschrieben, wie man sie je nach Ereignis aktiviert und wie das ausgelöste Signal weitergeleitet oder wie sein Wirkradius erweitert werden kann.

Eine Reihe informativer Details trägt zum Gebrauchswert von Bauplan 64 bei. Die Anwendungen decken viele Gebiete ab, z. B. Öffnungsmelder für Fenster und Türen, unterschiedlich komplex je nach Anzahl der Überwachungsstellen, auf Fremdlicht reagierende Signalgeber, Lagergut bewachende Rauchmelder, Wassermelder für Keller wie für Waschräume u. ä. Darüber hinaus wird noch eine praktisch ruhestromfreie, durch Batteriebetrieb störsichere Alarmanlage einschließlich Leiterplatte vorgestellt, deren tatsächliche Gesamtausführung (dem Sicherheitsanliegen gemäß) der Leser aus dem Informationsangebot heraus selbst bestimmen kann.

Damit ist Bauplan 64 sowohl eigenständig nutzbar wie (noch effektiver) auch in Verbindung mit Bauplan 60, wenn es um den Einsatz von Infrarotstrecken geht, und mit Bauplan 63, der aus jedem Bauelementevorrat weitere Varianten des signalerzeugenden Kerns auszuwählen gestattet.

# Bauplan 64 wird folgenden Inhalt haben:



Selbstverständlich wird dazu wieder eine *typofix*-Folie entstehen. Bauplan 64 erscheint im Mai 1987 im Militärverlag der DDR.